

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2303T004 Strojírenská technologie – technologie obrábění

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Parametrizace vybraného typového představitele a návrh technologie
v SW CATIA V5

Autor: **Bc. Pavel Podskalský**

Vedoucí práce: **doc. Ing. Jiří Česánek, Ph.D.**

Akademický rok 2015/2016

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne:

.....
podpis autora

Poděkování

Tímto chci poděkovat vedoucímu práce doc. Ing. Jiřímu Česánkovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce.

Chtěl bych také poděkovat Ing. Milsimerové, za ochotu a odbornou pomoc při řešení problematiky.

Dále bych chtěl poděkovat všem spolupracovníkům, kteří mi svými radami, podporou a pomocí umožnili dokončit tuto práci.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

AUTOR	Příjmení Podskalský	Jméno Pavel	
STUDIJNÍ OBOR	Strojírenská technologie – technologie obrábění		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) doc. Ing. Česánek, Ph.D.	Jméno Jiří	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KTO		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Parametrizace vybraného typového představitele a návrh technologie v SW CATIA V5		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KTO	ROK ODEVZD.	2016
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	96	TEXTOVÁ ČÁST	43	GRAFICKÁ ČÁST	53
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Diplomová práce se zabývá parametrizací v softwaru CATIA V5. Cílem je parametrické vymodelování součásti a navržení nové efektivní parametrické technologie výroby tohoto dílu. Přínosem práce je zkrácení výrobního času a také vytvoření parametrické technologie výroby v SW Catia V5, čímž se zkrátí čas tvorby nové výrobní technologie.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p style="text-align: center;">Výměnná vložka vyhlazovače, Catia V5, parametrické modelování a parametrické programování v SW Catia V5</p>

SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

AUTHOR	Surname Podskalský	Name Pavel	
FIELD OF STUDY	Machine industry technology – machining technology		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) doc. Ing. Česánek, Ph.D.	Name Jiří	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Parametrization of selected type representative and suggestion of the technology in SW CATIA V5		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machining technology	SUBMITTED IN	2016
----------------	------------------------	-------------------	----------------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	96	TEXT PART	43	GRAPHICAL PART	53
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The diploma thesis deals by parameterizing in the software CATIA V5. The aim is parametric modeling components and to design new efficient parametric technology in this part. The benefit of this work is shorten production time and also create parametric technology in SW Catia V5, thereby shortening the time of the creation of new manufacturing technologies.
KEY WORDS	Wiper die insert, Catia V5, parametric modeling and parametric programming in SW Catia V5

Obsah

Přehled použitých zkratk a symbolů.....	9
1 Rozbor současného stavu.....	11
1.1 Popis součásti z hlediska technologičnosti.....	11
1.1.1 Materiál.....	16
1.2 Použité vybavení.....	17
1.2.1 Nástroje a řezné podmínky.....	17
1.2.2 Upínací prvky.....	26
1.2.3 Použitý obráběcí stroj.....	27
1.3 Popis stávající technologie výroby.....	28
1.3.1 První strana.....	28
1.3.2 Druhá strana.....	38
2 Parametrizace vybraného typového představitele.....	43
2.1 Parametrizace v programu Catia V5.....	43
2.1.1 Parametr.....	43
2.1.2 Práce s parametry.....	45
2.2 Popis vyráběných variant.....	53
2.2.1 Rozměry jednotlivých variant.....	53
2.3 Popis postupu parametrizace.....	56
2.3.1 Popis tvorby parametrického modelu.....	56
2.3.2 Popis parametrizace technologie výroby.....	57
3 Návrh technologie výroby.....	58
3.1 Použité vybavení.....	59
3.1.1 Nástroje a řezné podmínky.....	59
3.1.2 Použitý obráběcí stroj a upínací prvky.....	65
3.2 Popis nově navržené technologie.....	66
3.2.1 První strana.....	66
3.2.2 Druhá strana.....	76
4 Technicko-ekonomické hodnocení navrženého řešení.....	81
4.1 Technické hodnocení.....	81
4.2 Ekonomické hodnocení.....	82
4.2.1 Původní technologie.....	83
4.2.2 Nová technologie.....	85

4.3	Vyhodnocení.....	87
5	Závěr.....	88
	Literatura.....	89
	Seznam obrázků.....	90

Přehled použitých zkratk a symbolů

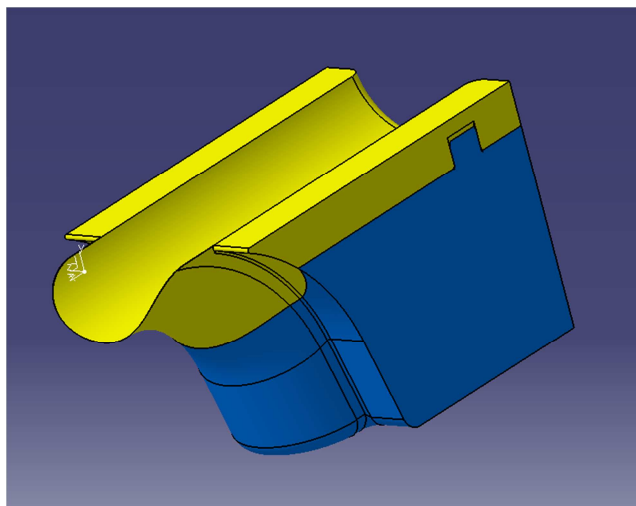
VBD		vyměnitelná břitová destička
CAD		počítačová podpora návrhu (computer aided design)
CAM		počítačová podpora výroby (computer aided manufacturing)
PCD		physical vapor deposition; metoda depozice tenkých vrstev
CVD		chemical vapor deposition; metoda depozice tenkých vrstev
SW		software
TiAlN		typ povlaků nástroje (titan aluminium nitrid)
TiCN+Al ₂ O ₃ +TiN		typ povlaků nástroje
a _p	mm	hloubka řezu
a _e	mm	šířka záběru
*.xls		koncovka souboru MS Excel
*.xlsx		koncovka souboru MS Excel
*.xlsm		koncovka souboru MS Excel
*.txt		koncovka textového souboru
HB	HB	označení tvrdosti podle Brinella
R _{p0,2}	MPa	mez kluzu
R _m	MPa	mez pevnosti
A ₅	%	tažnost
E	GPa	modul pružnosti v tahu
G	GPa	modul pružnosti ve smyku
WC		karbid wolframu
HRC	HRC	označení tvrdosti podle Rockwella
SK40		typ kuželu vřetena
HSK-A63		typ kuželu vřetena
t _{A1}	min	čas jednotkové práce v operaci (čas strojní práce)
t _A	min	jednotkový čas v operaci
k _C	min	koeficient směnového času
T	min	délka směny
t _C	min	směnový čas
t _{AC}	Nmin/ks	norma jednotkového času s podílem času směnového
t _B	min	dávkový čas v operaci
t _{BC}	Nmin/dávka	norma času dávkového s podílem času směnového
t _N	min	normovaný čas na operaci
d _V	ks/dávka	velikost výrobní dávky
SHS	Kč	strojní hodinová sazba
TM	Kč	mzdový tarif
No	Kč	náklady na operaci
Ú ₁	min	časová úspora na kus
Ú ₂	Kč	peněžní úspora na kus
T _{NP}	min	normovaný čas na operaci u původní technologie
T _{NN}	min	normovaný čas na operaci u nové technologie
N _{OP}	Kč	náklady na operaci u původní technologie

No _N	Kč	náklady na operaci u původní technologie
ČSN		označení české národní technické normy
DIN		označení německé národní technické normy
AISI		americká norma pro železo a ocel
EN		označení evropské technické normy
BS EN		označení britské technické normy
W.Nr.		číslo materiálu
C		uhlík
Mn		mangan
Si		křemík
P		fosfor
S		síra
Cr		chrom
Ni		nikl
Mo		molybden
W		wolfram
V		vanad
Cu		měď

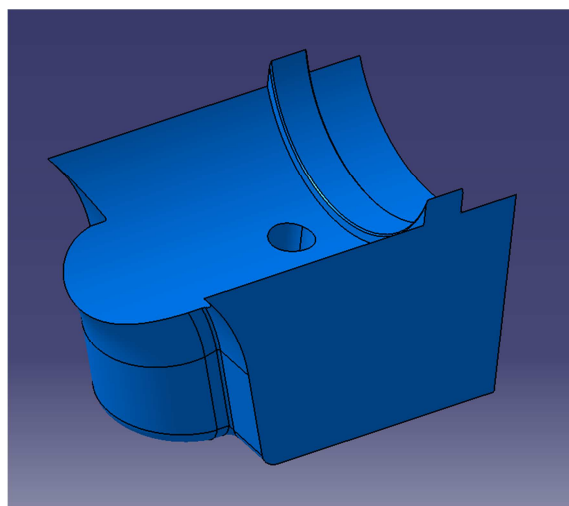
1 Rozbor současného stavu

1.1 Popis součásti z hlediska technologičnosti

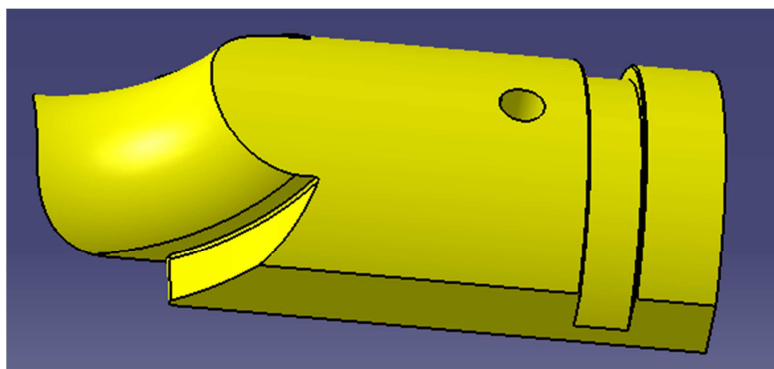
Vyráběná součást slouží jako výměnná vložka vyhlazovače ohýbacího stroje. Funkce vyhlazovače spočívá především v zamezení vzniku zvlnění na vnitřním poloměru ohybu trubky a jeho uplatnění je především při ohybu trubek s relativně tenkou stěnou na menších poloměrech ohybu.



1-1 Vyhlazovač i s výměnnou vložkou



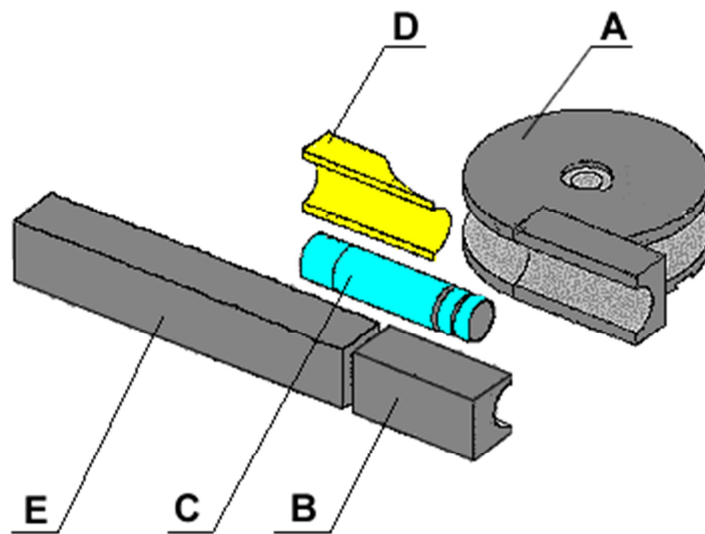
1-2 Výměnná vložka



1-3 Vyhlazovač

Nejzásadnější důvod použití výměnné vložky je cena, kdy vyhlazovač s výměnnou vložkou je mnohokrát levnější než čtvercový vyhlazovač. Vyhlazovače s výměnnou vložkou se používají nejčastěji v sérové výrobě, kde je velkou výhodou i snadnější výměna po opotřebování, a z tohoto plynou i kratší seřizovací časy.

Vložka je vyrobená z uhlíkové oceli ČSN 12050 a vyhlazovač je vyroben z hliníkového bronzu (CuAl10Fe) neboli Albrometu A-200 (technický list viz příloha 1).



1-4 Nářadí pro ohýbání uzavřených profilů

- A) **Ohýbací hlava** - je to matrice, na kterou je navíjen materiál, určuje rádius ohybu.
- B) **Upínací čelist** - upíná materiál proti čelisti v ohýbací hlavě
- C) **Trn** - zabraňuje zborcení materiálu v ohybu
- D) **Vyhlazovač** - zabraňuje zvlnění materiálu na vnitřní straně ohybu
- E) **Opěrná čelist** - udržuje stálý přitlak mezi materiálem a ohýbací hlavou

Základní rozměry výměnné vložky (v tabulce parametrů označeny jako „šířka“, „výška“ a „délka“) jsou dány velikostí vyhlazovače a velikostí ohýbací hlavy. Velikost vyhlazovače je dána vnějším průměrem ohýbané trubky a velikost ohýbací hlavy je dána požadovaným rádiusem v ohybu.

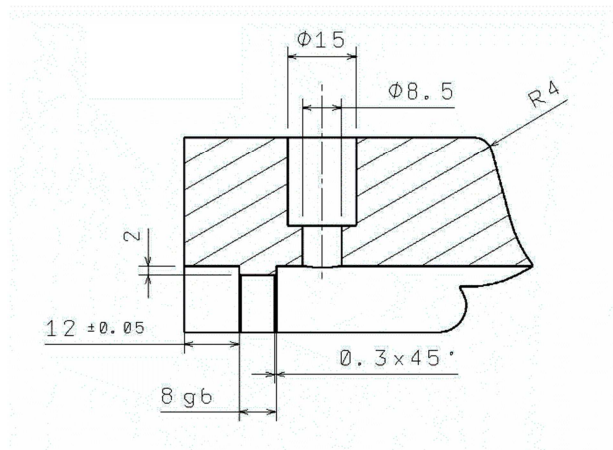


1-5 Nastavení vyhlazovače

Výměnná vložka má z čela dva závity M10, které slouží pro upnutí cele sestavy na ohýbací stroj, a proto mají na všech variantách stejnou rozteč 36mm ($\pm 0,1$).

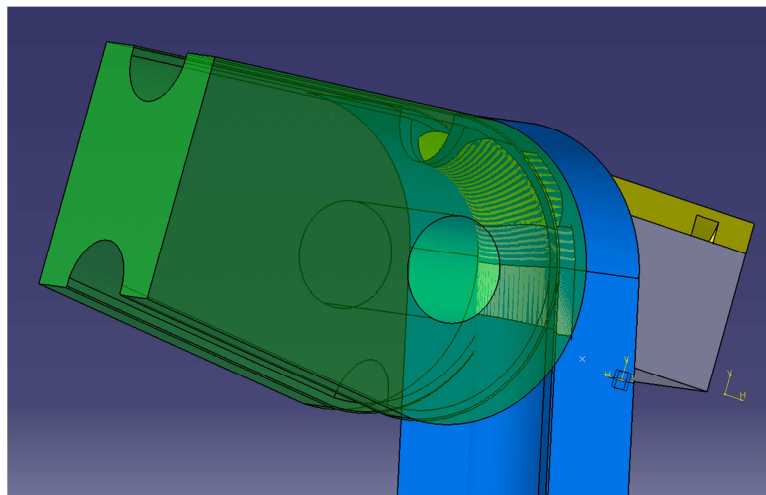
Výměnná vložka a vyhlazovač na sebe musí přesně dosedat, a proto pero, které slouží k ustavení do polohy, má u všech variant rozměr 8g6 a od zadní strany je vždy vzdáleno 12mm ($\pm 0,05$) (viz obrázek 1-6).

K upnutí vyhlazovače na výměnné vložce slouží jeden šroub M8 s válcovou hlavou. Poloha otvoru tohoto šroubu je vždy stejná, a to v ose součásti a 30mm od hrany (viz obrázek 1-9). Hloubka zahloubení se liší dle zvolené varianty.



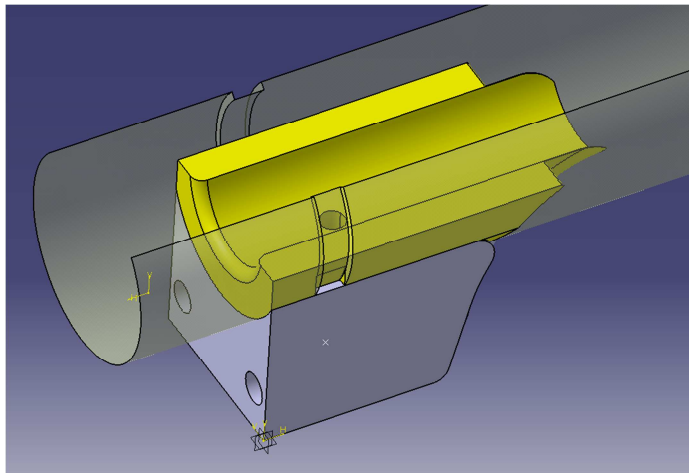
1-6 Řez výměnnou vložkou

Tvar výměnné podložky vzniká oříznutím podle dvou ploch. První plocha (na obrázku 1-7 znázorněna modrou barvou) má tvar dle ohýbací hlavy.



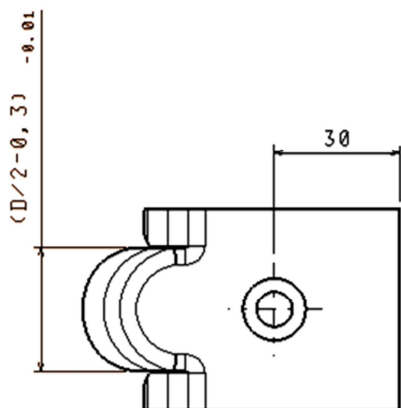
1-7 Tvar první pomocné plochy

Druhá plocha (na obrázku 1-8 znázorněna žlutou barvou) je shodná s tvarem dosedací plochy výměnné vložky vyhlazovače.

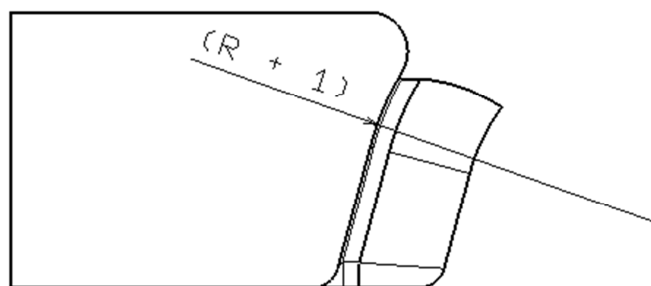


1-8 Tvar druhé pomocné plochy

Ohýbací hlava musí přesně dosedat do vyhlazovače i vložky, ale protože se musí volně pohybovat, je třeba, aby šířka rádiusu (která je v tabulce parametrů zapsána jako „D/2“) u vyhlazovače (i vložky) byla menší (v našem případě o 0,3mm) než šířka rádiusu u ohýbací hlavy, a rádius, který je v tabulce parametrů zapsán jako „R“, byl o 1mm větší (viz obrázek 1-9 a 1-10).



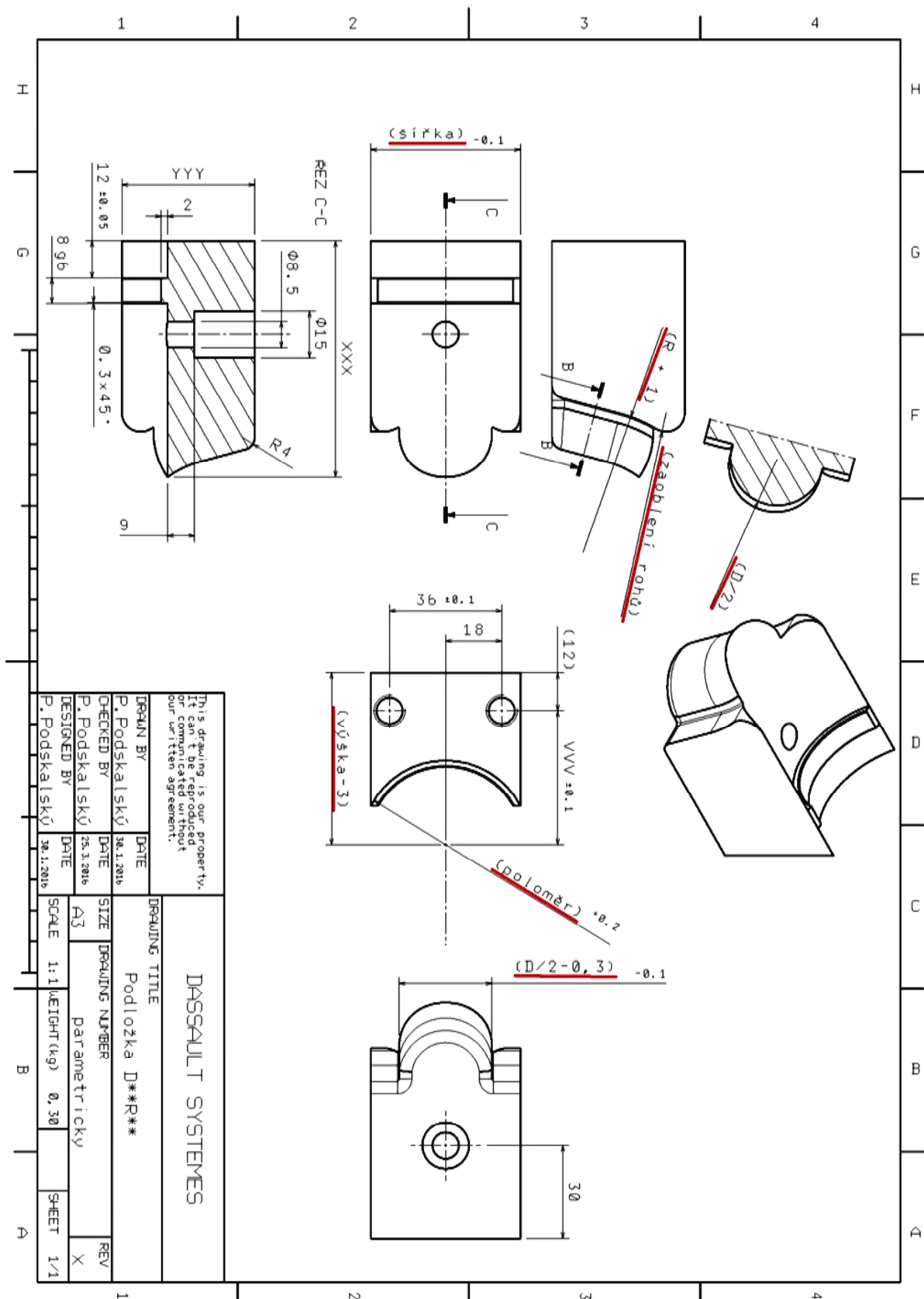
1-10 Šířka rádiusu



1-9 Parametr „R“ + 1mm

Na níže přiloženém obecném výkrese (obrázek 1-11) jsou zakótovány rozměry, které jsou u všech variant totožné, červeně jsou podtrženy parametry a písmeny (VVV, XXX, YYY a ZZZ) jsou označeny kóty, které mají vazbu k parametrům.

V příloze je vložen i výkres varianty D30R45, na kterém byly označeny červenou barvou parametry, modrou barvou rozměry závislé na parametrech, zelenou barvou rozměry vyhlazovače a bez označení jsou rozměry, které se u žádné varianty nemění.



1-11 Obecný výkres výměnné vložky

odstranění zbytkového materiálu, který zbyde v rozích po kulové treze D8 v předchozí operaci.

1.1.1 Materiál

Součást je z materiálu ČSN 12050, což je uhlíková ocel k zušlechťování a povrchovému kalení.

Zahraniční ekvivalenty - označení

	označení	označení normy
ISO	C60E4	ISO 683-1-87
EURO	C45	EN 10083-2-91
Německo	C45	DIN 17200-84 (1.1191)
Velká Británie	C45	BS EN 100083-2-91
USA	Gr.1043	ASTM A510

Chemické složení v %:

	C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	P	S
Dle ČSN	0,42 0,50	0,50 0,80	0,17 0,37	max 0,25	max. 0,30	max. 0,30	max 0,040	max 0,040

Stav: 12050.1 – normalizačně žíhaný

Mechanické vlastnosti dle ČSN 41 20 50

			12050.1
Mez kluzu	Rp0,2	MPa	min. 325
Mez pevnosti	Rm	MPa	min. 540
Tažnost	A5	%	min. 17
Tvrдость	HB	HB	max. 225
Modul pružnosti v tahu	E	GPa	211
Modul pružnosti ve smyku	G	GPa	79

Stav: 12050.3 – měkce žíhaný

Mechanické vlastnosti zkušební tyče válcované za tepla Ø14 mm

			12050.3 700°C, 24hod
Mez kluzu	Rp0,2	MPa	min. 325
Mez pevnosti	Rm	MPa	min. 540
Tažnost	A5	%	min. 17
Tvrдость	HB	HB	max. 225
Modul pružnosti v tahu	E	GPa	211
Modul pružnosti ve smyku	G	GPa	79

1.2 Použité vybavení

1.2.1 Nástroje a řezné podmínky

1.2.1.1 Fr D50 r2 z7 OSG

Jde o čelní válcovou sedmizubou devadesátistupňovou frézu o průměru 50mm, která je osazená výměnnými břitovými destičkami s rádiusem špičky 2mm.

Katalogové označení této frézy je PSE11R050M22-7 a označení použitých destiček je ZDKT11T320SR-GM

Tato fréza se používá pro obrábění první i druhé strany. Na první straně se s ní obrábí horní čelo, hrubuje rádius, obrábí se obě boční a zadní strana. Z druhé strany se s touto frézou opět přerovná horní čelo, vyhrubuje rádius z obou stran pera a načisto obrobí horní plocha pera.

Fréza se upíná na trn D22 L160. Katalogové označení Frézovací trn- KOMBI |l1=160 | G2,5 22.000 1/min | ZG. Délka tohoto trnu je 160mm a tato délka se volí především kvůli bezpečnému přístupu při frézování bočních ploch v operačním úseku 4.



1-12 Fréza D50 r2 z7 OSG



1-13 Upínací trn

Řezné podmínky pro hrubování

Řezná rychlost: 250m/min

Posuv na zub: 0,2 mm/zub

Doporučené řezné podmínky[4]

Použité VBD: ZDKT11T320SR-GM

Řezná rychlost: 100-250m/min

Posuv na zub: 0,05-0,2 mm/zub

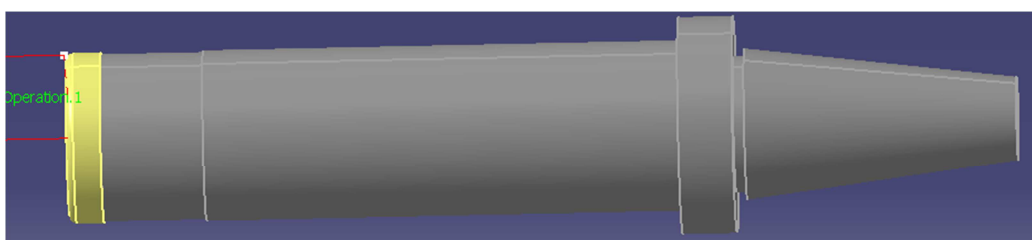
Řezné podmínky pro dokončování

Řezná rychlost: 250m/min

Posuv na zub: 0,15 mm/zub



1-14 použité VBD



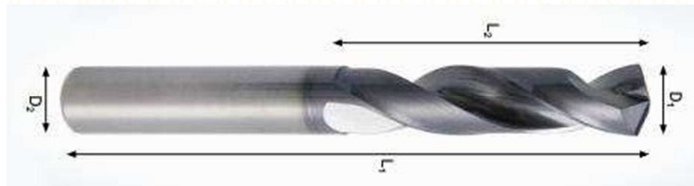
1-15 Fr D50 r2 z7 OSG včetně trnu

1.2.1.2 Vrták D8.5 L58 - 5D

Jedná se o standartní monolitický šroubovitý dvoubřítý karbidový vrták se stoupáním šroubovice 30 stupňů a s PVD povlakem TiAlN o průměru 8,5mm a délce pracovní části 58mm.

Tento vrták používáme v úseku číslo 4, a to pro vrtání díry pro šroub M8 a pro vrtání dvou děr pro závity M10.

Vrták upínáme do kleštiny ER25 a prodlouženého kleštinového upínače s označením DIN69871 SK40/ER25 L100 - FORM AD



1-16 Vrták D8.5 L58 - 5D



1-17 Kleština ER25

Řezné podmínky

Řezná rychlost: 100m/min

Posuv na zub: 0,1 mm/zub

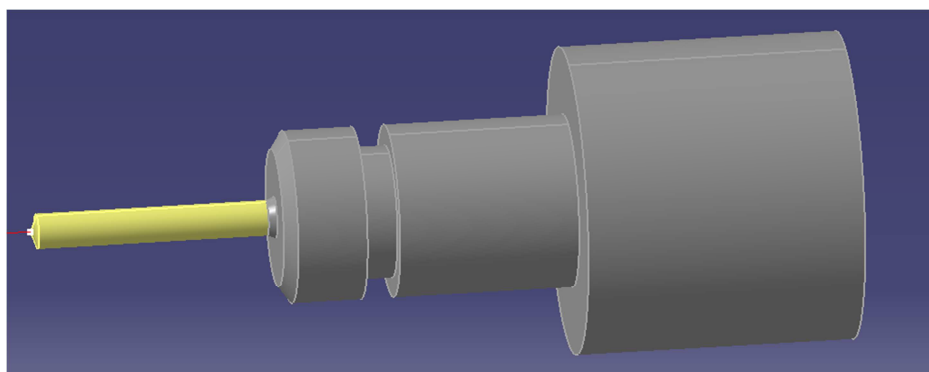
Doporučené řezné podmínky [4]

Řezná rychlost: 75 - 110m/min

Posuv na zub: 0,1 - 0,3 mm/zub



1-18 Kleštinový upínač



1-19 Vrták D8.5 včetně kleštinového upínače

1.2.1.3 Srážec D12x90 (Iscar) - ECF D-5/45-4C12

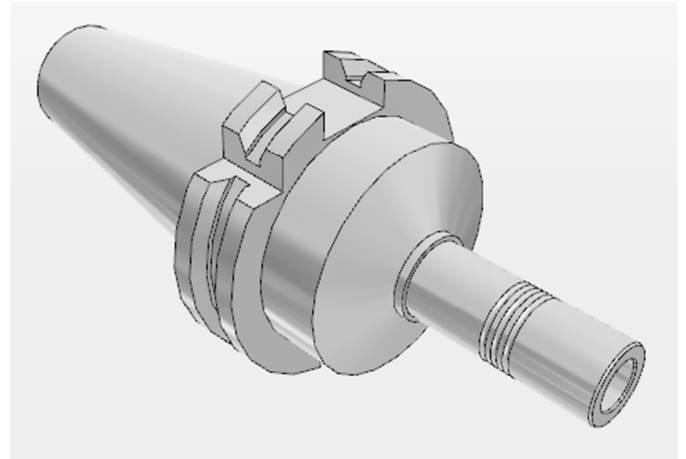
Jedná se o monolitickou karbidovou frézu pro srážení hran a zahlubování pod úhlem 45° o průměru 12mm a délce 90mm. Fréza je s PVD povlakem TiAlN.

Tento srážec používáme při obrábění první strany, v operačním úseku č. 5 pro srážení hran u dvou otvorů pro závit M10 o průměru 8,5mm.

Srážec upínáme do polygonálního upínače Tribos od firmy Schunk - typ použitého provedení je Tribos-S.



1-21 Srážec D12x90 (Iscar) - ECF D-5/45-4C12



1-20 Upínač Tribos-S

Řezné podmínky

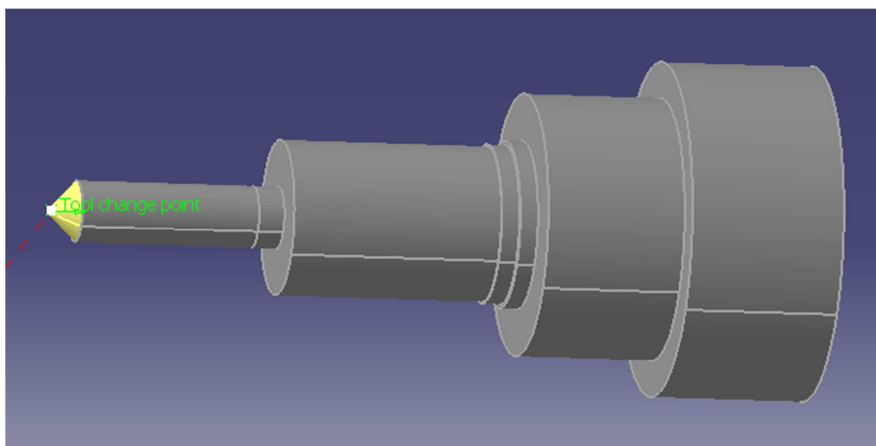
Řezná rychlost: 200m/min

Posuv na zub: 0,03 mm/zub

Doporučené řezné podmínky [13]

Řezná rychlost: 160 - 220m/min

Posuv na zub: 0,02 - 0,05 mm/zub



1-22 Srážec včetně upínače

1.2.1.4 Závitník M10 x 1.5 L15 z3 (OSG) - kroucený

Jedná se o kroucený tříbřitý karbidový závitník s TiCN povlakem.

Tento závitník používáme pro řezání dvou závitů M10 se stoupáním 1,5 s hloubkou 15mm v operačním úseku č. 5.

Závitník upínáme do kleštiny ER25 a prodlouženého kleštinového upínače s označením DIN69871 SK40/ER25 L100 - FORM AD



1-23 Kroucený závitník M10x1.5



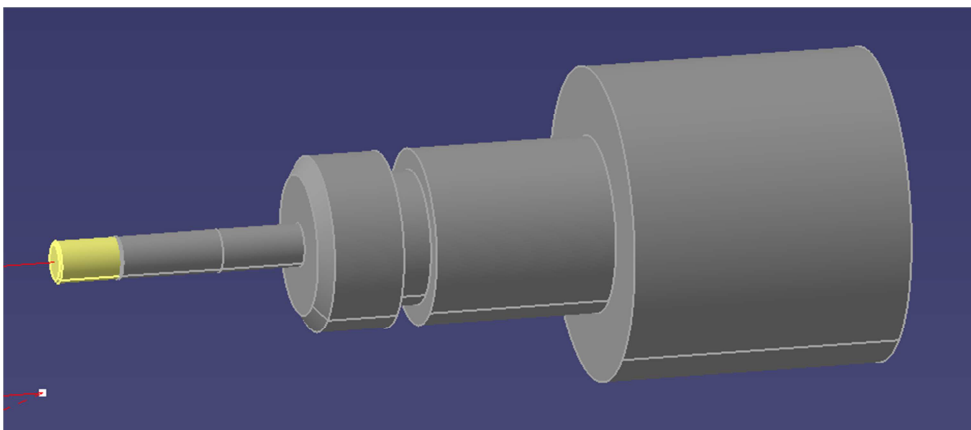
1-24 Kleština

Řezné podmínky

Otáčky: 180 ot/min



1-25 Kleštinový upínač



1-26 Závitník včetně upínače

1.2.1.5 Kul D8 L40 z4 (long) - SEH 422845

Jedná se o monolitní karbidovou čtyřbřitou kulovou frézu s TiAlN povlakem o průměru 8mm a délce řezné části 40mm.

Tuto kulovou frézu používáme při obrábění první strany, v operačním úseku č. 8 k dokončení rádiusové plochy.

Kulovou frézu upínáme do kleštiny ER25 a prodlouženého kleštinového upínače s označením DIN69871 SK40/ER25 L100 - FORM AD.

Řezné podmínky pro dokončování

Řezná rychlost: 235m/min

Posuv na zub: 0,06 mm/zub

Řezné podmínky pro hrubování

Řezná rychlost: 180m/min

Posuv na zub: 0,05 mm/zub



1-27 Fréza kulová D8

Doporučené řezné podmínky [4]

Řezná rychlost: 160 - 240m/min

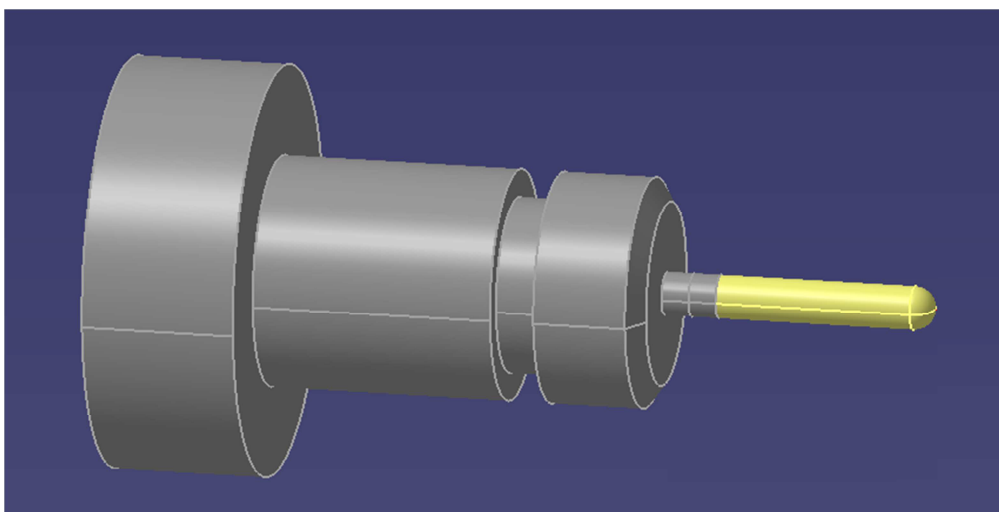
Posuv na zub: 0,03 - 0,08 mm/zub



1-28 Kleština



1-29 Kleštinový upínač



1-30 Kulová fréza D8 včetně upínače

1.2.1.6 Fréza kulová D2 OSG FX-LN-EBD-6

Jedná se o karbidovou (WC) dvoubřitou kulovou frézu s TiAlN povlakem o průměru 2mm, jehož délka je 6 mm. Průměr stopky je 10mm.

Tuto kulovou frézu používáme při obrábění první strany, v úseku č. 9 pro odstranění zbytkového materiálu, který zůstane v rozích po kulové frézce D8 v předchozí operaci.

Frézu upínáme do kleštiny ER16 a prodlouženého kleštinového upínače s označením IN69871 SK40/ER16 L100 - FORM AD/B.

Pro tuto kulovou frézu jsou doporučené otáčky 18900 ot/min, ale maximální otáčky vřetena použitého stroje jsou jen 15 000 ot/min.

Řezné podmínky

Otáčky: 15 000 ot/min

Posuv na zub: 0,05 mm/zub

Doporučené řezné podmínky [4]

Otáčky: 18 900 ot/min

Posuv na zub: 0,05 mm/zub



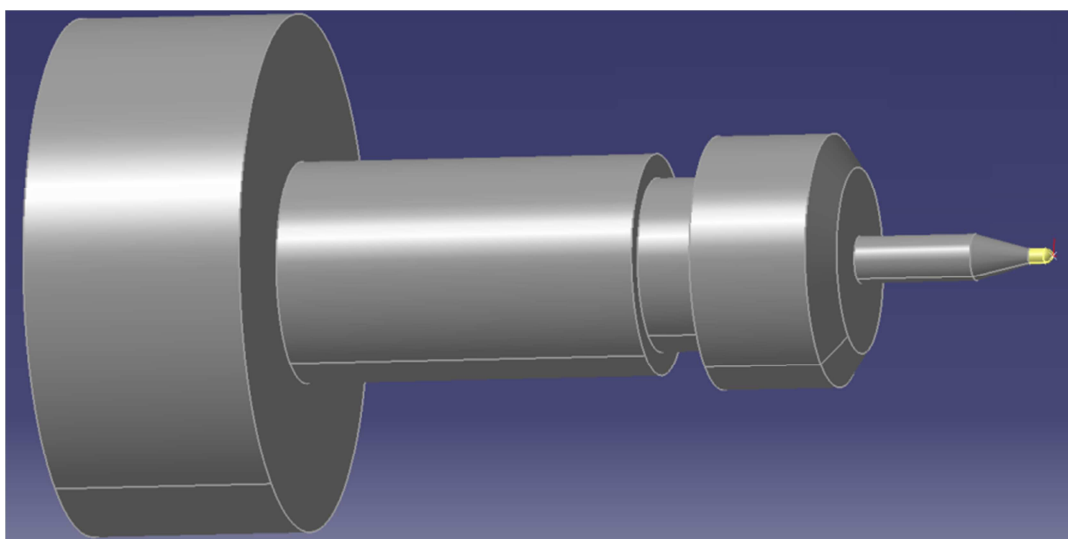
1-31 Kulová fréza D2



1-32 Kleštěna



1-33 Kleštinový upínač



1-34 Kulová fréza D2 včetně upínače

1.2.1.7 Fr D12 r0.2 L26 z4 - SEH 422825 - D12x80

Jedná se o čelní válcovou monolitní karbidovou čtyřbřitou frézu s TiAlN povlakem o průměru 12mm, délce řezné části 26mm a celkové délce 80mm.

Tuto frézu používáme při obrábění první strany, v úseku č. 6 k dohotovení boků rádiusové plochy.

Frézu upínáme do hydraulického upínače od firmy ISCAR s označením BT40 HYDRO 12X90.

Řezné podmínky pro hrubování

Řezná rychlost: 200m/min

Posuv na zub: 0,1 mm/zub

Řezné podmínky pro dokončování

Řezná rychlost: 200m/min

Posuv na zub: 0,045 mm/zub

Doporučené řezné podmínky [13]

Řezná rychlost: 160 - 220m/min

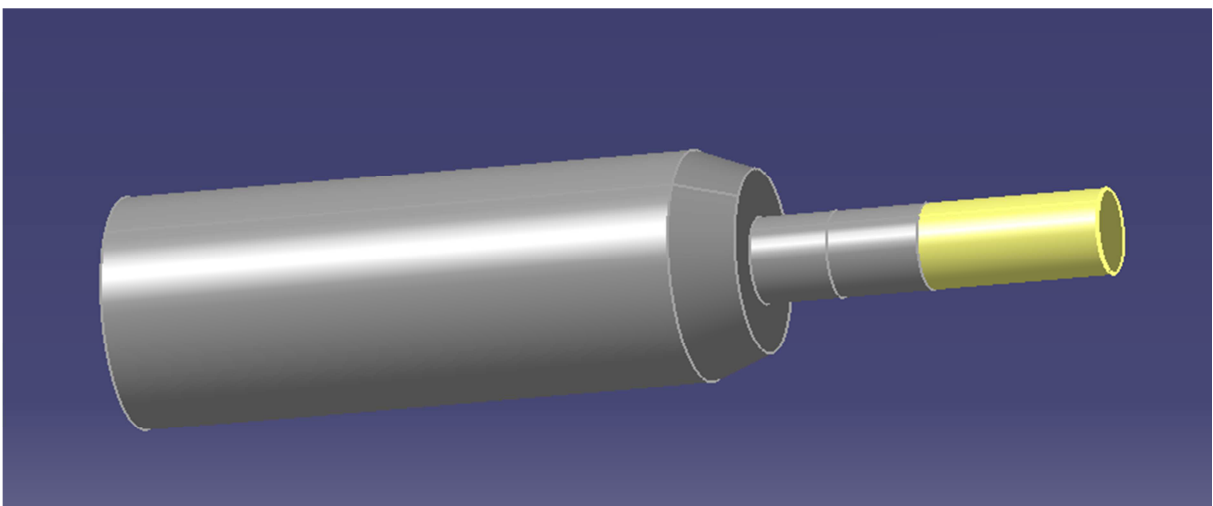
Posuv na zub: 0,04 - 0,1 mm/zub



1-35 Hydraulický upínač



1-36 Čelní válcová fréza D12



1-37 Čelní válcová fréza D12 včetně upínače

1.2.1.8 Fr D50 r0.8 L8 z6 (Avantec)

Jde o čelní válcovou šestizubou devadesátistupňovou frézu o průměru 50 mm, která je osazená výměnnými břitovými destičkami s rádiusem špičky 0.8mm.

Katalogové označení frézy: Megavant HC90 04M.0540.080

Katalogové označení VBD: MOGU12T31008101TR28

Používá se v druhé poloze, pro dokončení rádiusů z obou stran pera a k dokončení šířky pera.

Fréza se upíná na trn D22 L160. Katalogové označení Frézovací trn- KOMBI |l1=160 | G2,5 22.000 1/min | ZG. Délka tohoto trnu je 160mm a tato délka se volí především kvůli snadnému přístupu k rádiusu z druhé strany při frézování rádiusu v operačním úseku 5.

Řezné podmínky pro hrubování

Řezná rychlost: 200m/min

Posuv na zub: 0,15 mm/zub

Řezné podmínky pro dokončování

Řezná rychlost: 220m/min

Posuv na zub: 0,15 mm/zub

Doporučené řezné podmínky [12]

Řezná rychlost: 240m/min

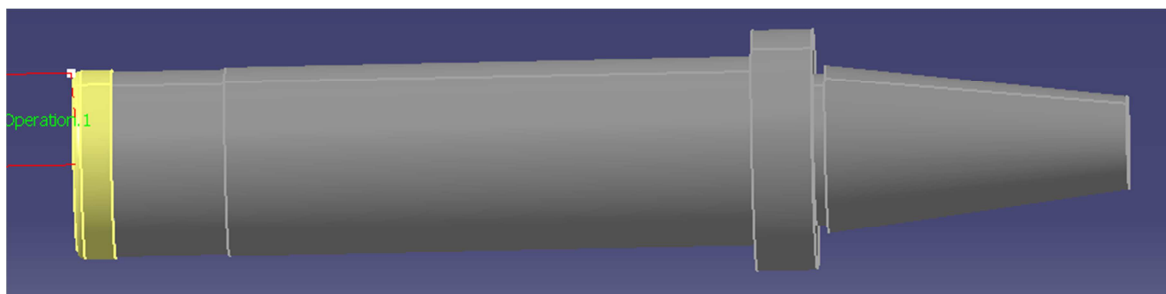
Posuv na zub: 0,22 mm/zub



1-38 Fréza Avantec D50



1-39 Upínací trn



1-40 Fréza Avantec D50 včetně upínacího trnu

1.2.1.9 Fr D16 r0.2 L32 z4 - SEH 422825

Jedná se o čelní válcovou monolitní karbidovou čtyřbřitou frézu s TiAlN povlakem o průměru 16mm, délce řezné části 32mm. Katalogové označení: SEH 422825.

Tuto frézu používáme při obrábění druhé strany, v úseku č. 2 k zhotovení rádiusů na bocích součásti.

Frézu upínáme do mechanického upínače s označením WELDON KFH D16x80 – 1.

Řezné podmínky pro hrubování

Řezná rychlost: 180m/min

Posuv na zub: 0,1 mm/zub

Řezné podmínky pro dokončování

Řezná rychlost: 200m/min

Posuv na zub: 0,05 mm/zub

Doporučené řezné podmínky [13]

Řezná rychlost: 160 - 220m/min

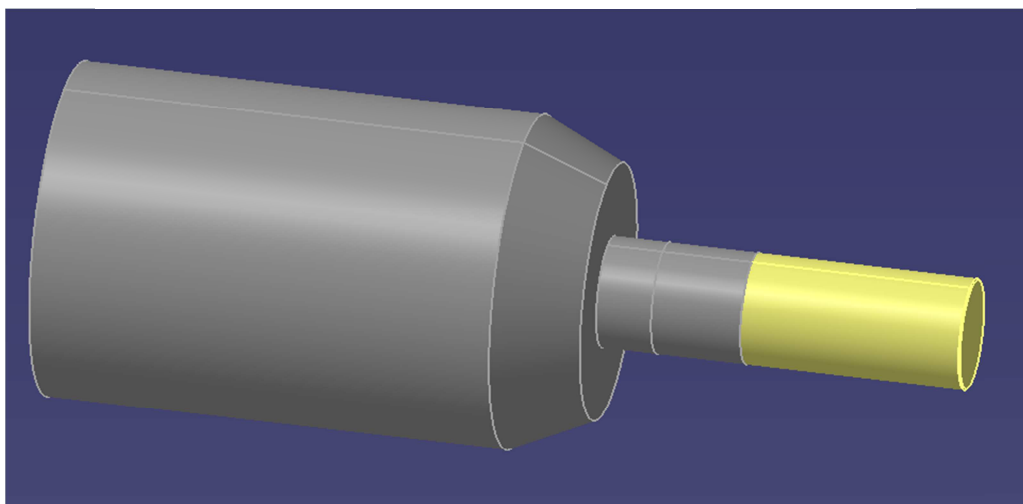
Posuv na zub: 0,04 - 0,1 mm/zub



1-41 Čelní válcová fréza D16



1-42 Upínač WELDON



1-43 Čelní válcová fréza D16 včetně upínače

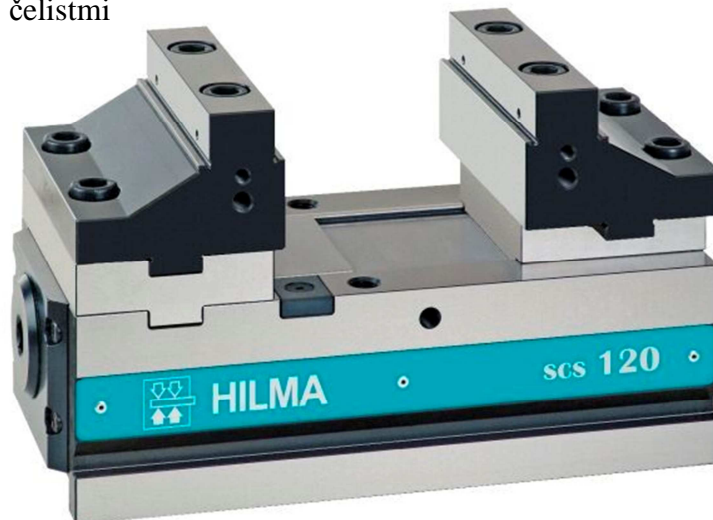
1.2.2 Upínací prvky

Pro upínání součástí se používá strojní svěrák Hilma SCS120, který se na stůl stroje upíná pomocí upínek. Při obrábění z první strany se pro upínání využívá výběrů v čelistech svěráku (o hloubce 3mm). Při obrábění z druhé strany se pro upínání využijí paralelní podložky o rozměrech 18x60x150.

1.2.2.1 Strojní svěrák Hilma SCS120

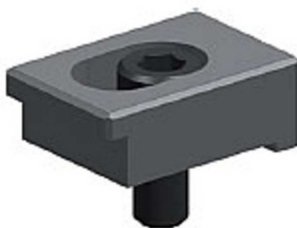
Provedení:

- mechanicko/hydraulický
- opakovatelné a kontrolovatelné upínací síly až do 40 kN.
- šířka čelistí 120 mm
- hrubé předvolení požadovaného rozsahu upnutí se zásuvným čepem
- otáčením ruční klikou jsou mechanicko-hydraulické nože dopraveny na obrobek přes strmé vřeteno se závitem
- uvolnění vnitřního tlaku vřetene po uvolnění obrobku
- s výměnnými hladkými čelistmi



1-44 Svěrák Hilma SCS 120

1.2.2.2 Upínky pro upínání svěráku.



1-46 Upínka pro upínání svěráku

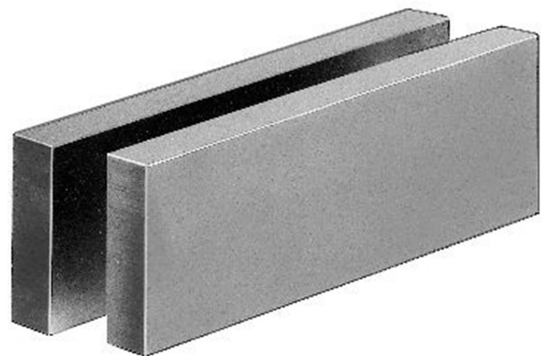
1.2.2.3 Paralelní podložky

Rovnoběžnost dvou měřicích ploch: $\pm 0,005$ mm.

Rozměrová odchylka výšky: $\pm 0,01$ mm.

Tvrдость: 55 HRC.

Broušeny v párech.



1-45 Paralelní podložky

1.2.3 Použitý obráběcí stroj



DMU 65 monoBLOCK

Pracovní rozsah (X x Y x Z): 735 x 650 x 560mm

Upínací plocha stolu: 1000 x 650mm

Maximální zatížení: 3000kg

Max. rozměr obrobku 1000 x 840 x 560

Naklápěcí stůl: Ø650

Max. zatížení naklápěcího stolu: 600kg

Max. otáčky vřetena: 15 000ot/min

Krouticí moment: 83Nm

Výkon vřetena: 13kW

Počet míst v zásobníku: 30

Upínání: SK40 / HSK-A63

Max. hmotnost nástroje: 8kg

Doba výměny nástroje: 4,9s

Max. posuv: 40 000mm/min

Akcelerace: 6 m/s²

Plocha stroje: 7,5m²

Výška stroje: 2897mm

Hmotnost stroje: 11 300kg

1.3 Popis stávající technologie výroby

V současné době se vytváří technologie pro každou jednotlivou vyráběnou variantu zvlášť. Technologie výroby je u všech variant shodná, a tak jsme si jako vzorovou technologií vybrali technologii výroby pro variantu D70 R110

Polotovár, který se obrábí na dvě upnutí, se upíná do svěráku. Velikost polotovaru se liší dle rozměrů jednotlivých variant. Při obrábění z první strany je polotovár pokaždé upnut v zoubku čelistí svěráku, která má hloubku 3mm. Pro upnutí při obrábění z druhé strany se pro všechny varianty použijí podložky o výšce 60mm.

1.3.1 První strana

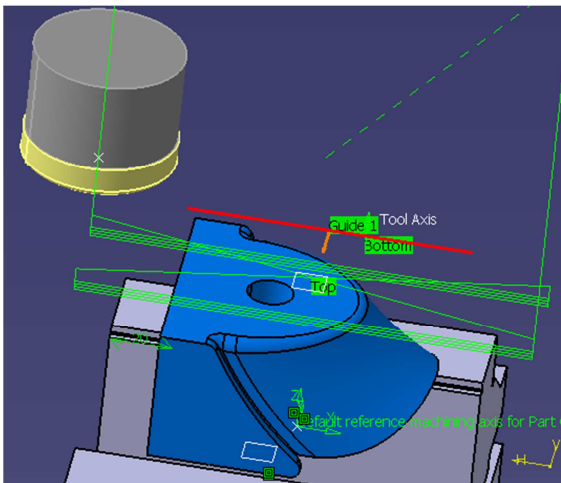
1.3.1.1 Operační úsek číslo 1 - přerovnáání čela

Jako první úsek se pouze přerovná čelo polotovaru. Na přerovnáání čela se použije funkce *Profile Contouring*. Pro tento úsek byla použita fréza D50 r2 z7 OSG upnutá na trnu D22 L160.

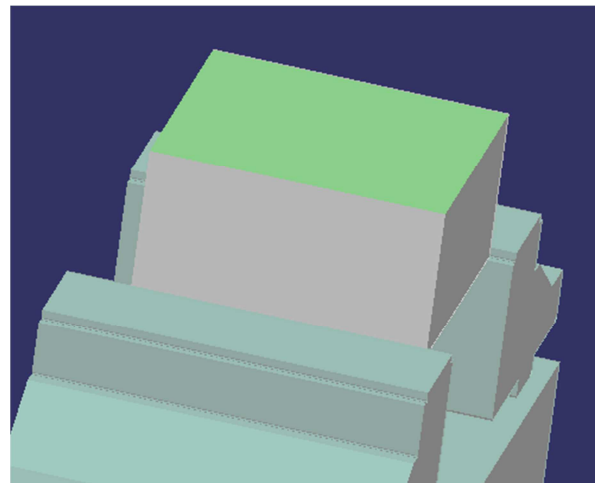
$$a_p = 1 \text{ mm}$$

$$a_e = 35 \text{ mm}$$

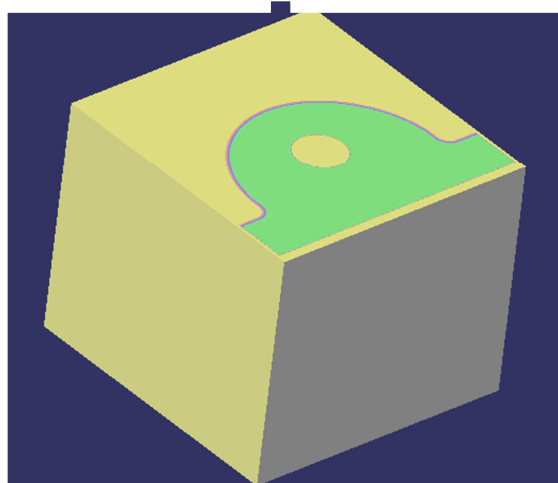
čas řezu: 00:13,069s
celkový čas: 00:21,804s



1-47 Dráhy nástroje u úseku č. 1



1-48 Tvar polotovaru po úseku č. 1



1-49 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č.1

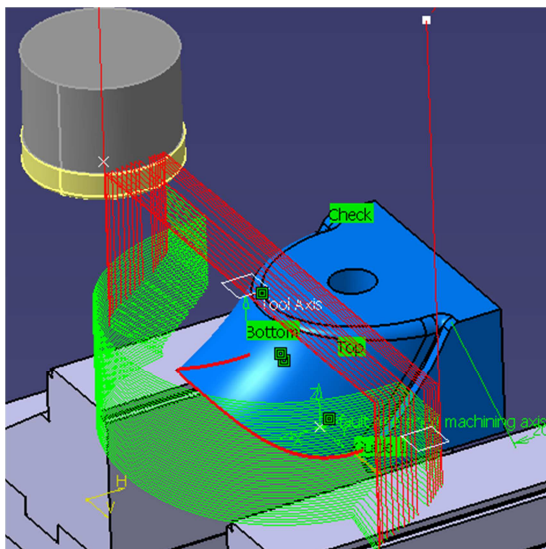
1.3.1.2 Operační úsek číslo 2 – předhrubování rádiusu

V úseku č. 2 se předhrubuje přední část rádiusu. K předhrubování rádiusu se použije funkce *Profile Contouring*. Můžeme použít stejnou sedmizubou devadesátistupňovou frézu, jako v úseku č. 1 - D50 r2 z7 OSG.

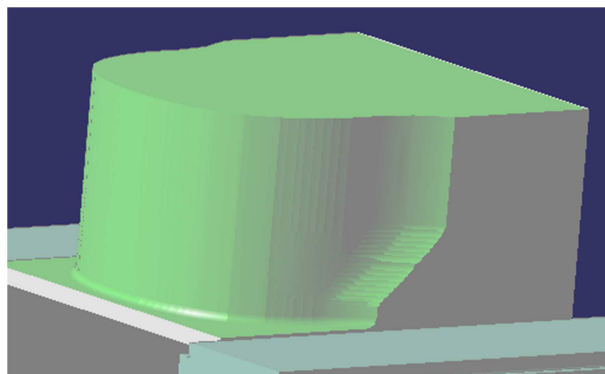
$$a_p = 1\text{ mm}$$

čas řezu: 04:07,669s

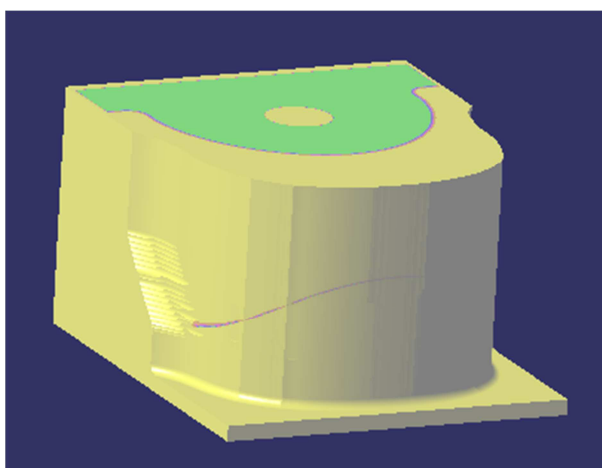
celkový čas: 05:26,913s



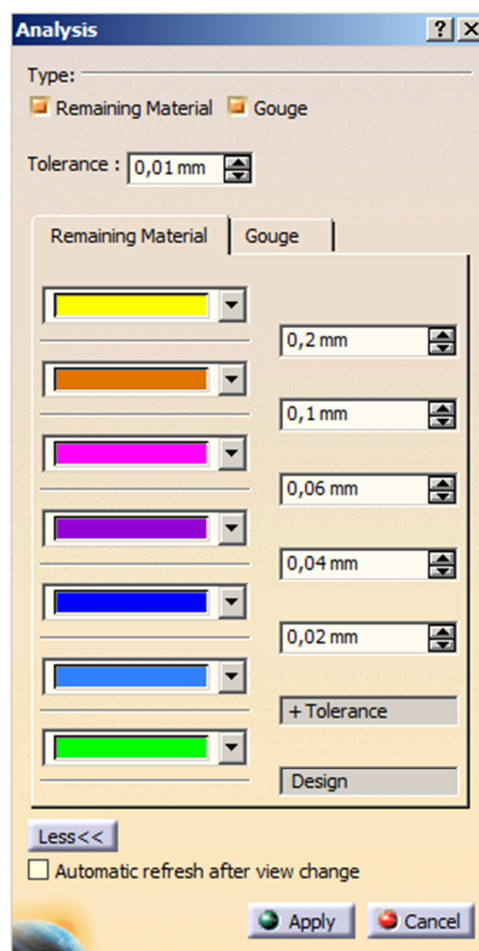
1-50 Dráhy nástroje u úseku č. 2



1-51 Tvar součásti po úseku č. 2



1-52 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 2



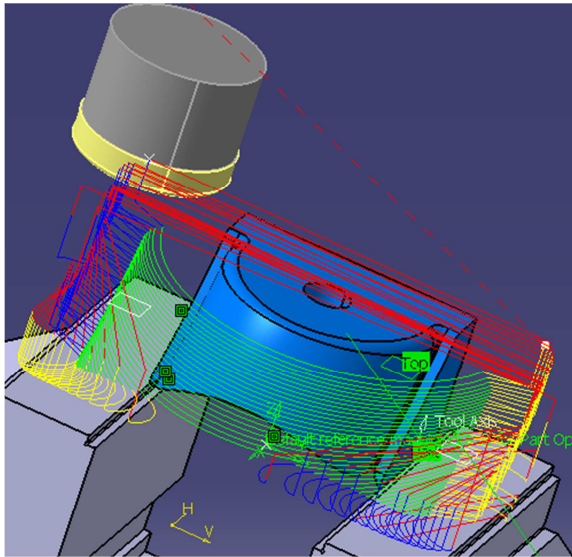
1-53 Barevné rozlišení u analýzy zbytkového materiálu

1.3.1.3 Operační úsek číslo 3 – dohrubování rádiusu

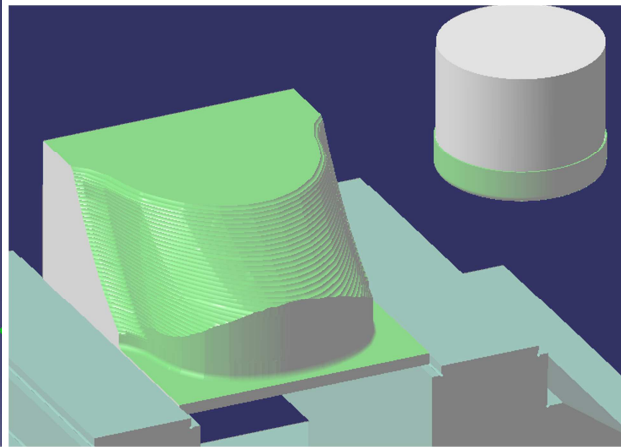
V úseku č. 3 se dohrubuje tvar rádius. K dohrubování se použije funkce *ZLevel*. Opět můžeme použít stejnou sedmizubou devadesátistupňovou frézu jako v úseku č. 1 a 2 - D50 r2 z7 OSG.

čas řezu: 02:13,7328s

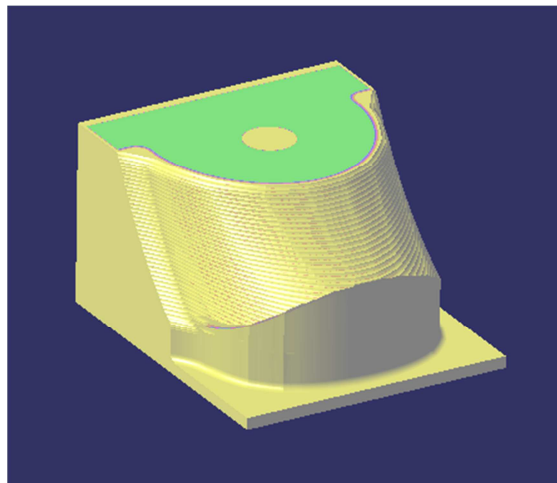
celkový čas: 04:55,6724s



1-54 Dráhy nástroje u úseku č. 3



1-55 Tvar součásti po úseku č. 3



1-56 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 3

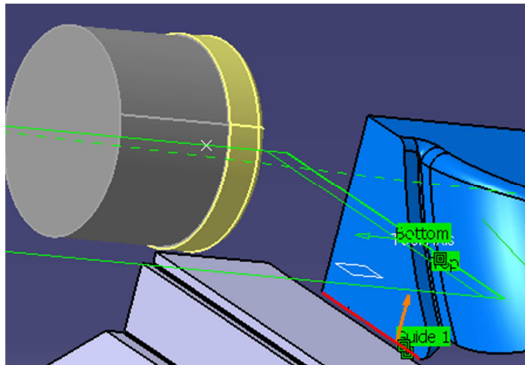
1.3.1.4 Operační úsek číslo 4 – frézování bočních stěn

Ve čtvrtém úseku se obrábí boční stěny polotovaru. Pro frézování všech boků se použije funkce *Profile Contouring*. Jako nástroj se využívá stále stejná sedmizubá devadesátistupňová fréza s VBD. Z ekonomického hlediska lze použít stále stejnou frézu jako v úseku 1, 2 a 3, poněvadž je tento nástroj vhodný, a ušetří se tak za případnou výměnu.

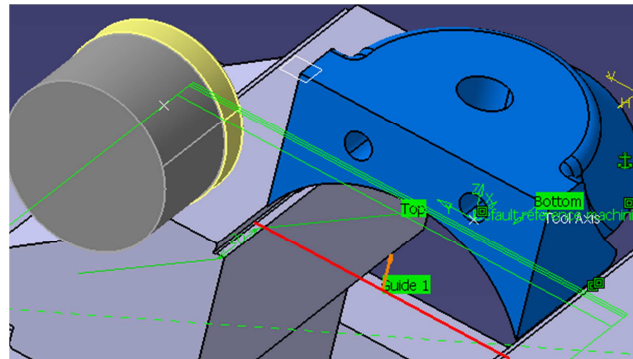
$$a_p = 1\text{mm}$$

$$\text{čas řezu: } 0:01,604 + 0:05,745 + 0:01,604\text{s} = 0:08,953\text{s}$$

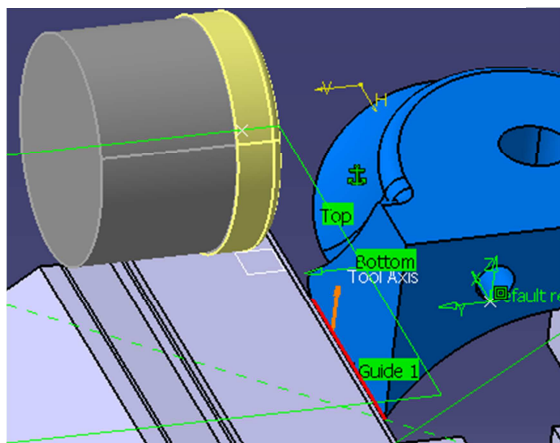
$$\text{celkový čas: } 00:03,790 + 00:10,088 + 00:03,815 = 0:17,693\text{s}$$



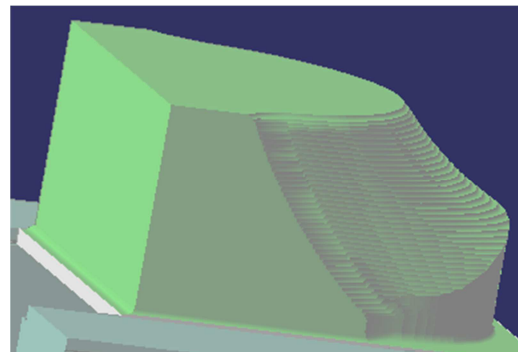
1-58 Dráhy nástroje u úseku č. 4



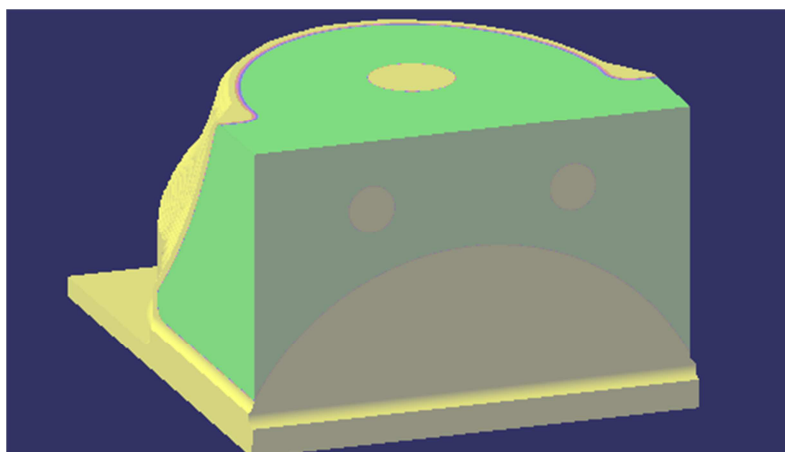
1-57 Dráhy nástroje u úseku č. 4



1-60 Dráhy nástroje u úseku č. 4



1-59 Tvar součásti po úseku č. 4



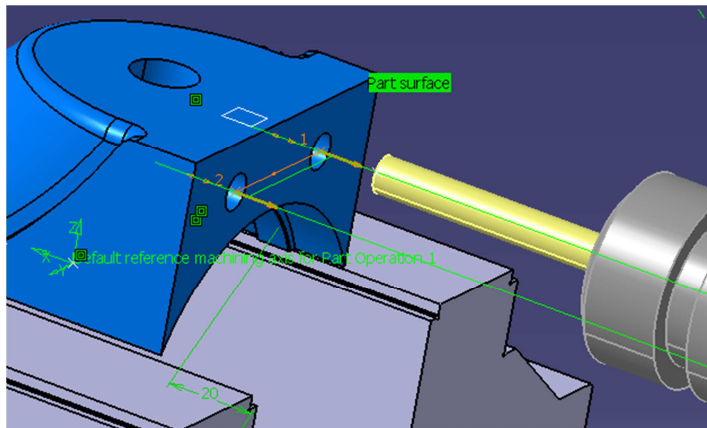
1-61 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 4

1.3.1.5 Operační úsek číslo 5 – vrtání děr průměru 8,5

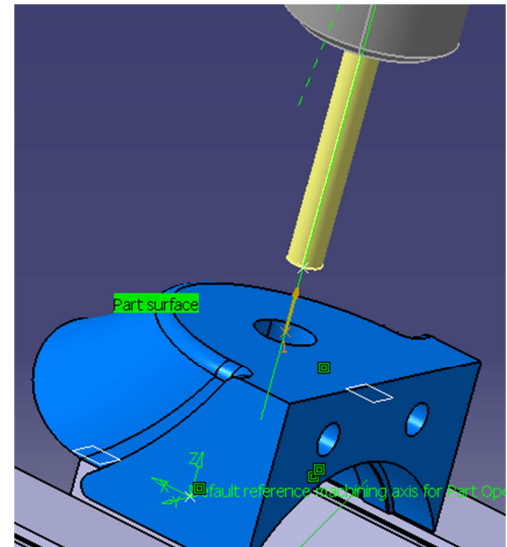
V pátém úseku se zhotoví tři díry průměru 8,5. Jedna v horní ploše pro šroub M8, jejíž hloubka je rozdílná dle varianty, a dvě díry hluboké 18mm z boku pro závit M10. Pro vrtání se použije funkce *Drilling Break Chips*.

čas řezu: $00:02,210 + 00:03,820 = 00:06,030s$

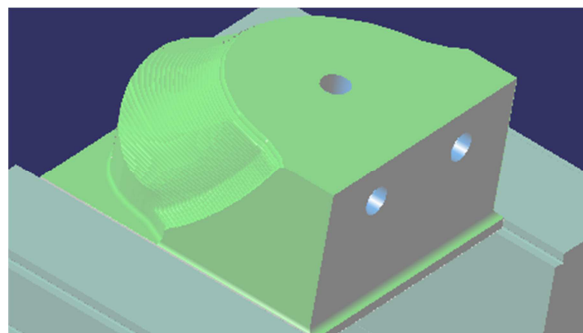
celkový čas: $00:02,430 + 00:04,076 = 00:06,506s$



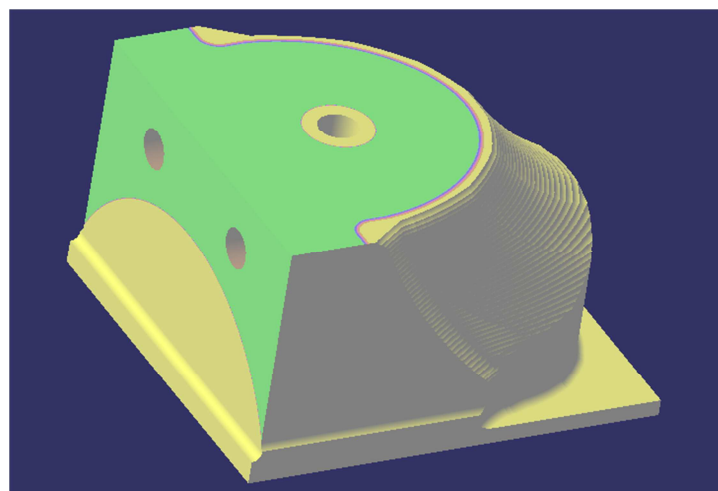
1-63 Dráhy nástroje u úseku č. 5



1-62 Dráhy nástroje u úseku č. 5



1-64 Tvar součásti po úseku č. 5



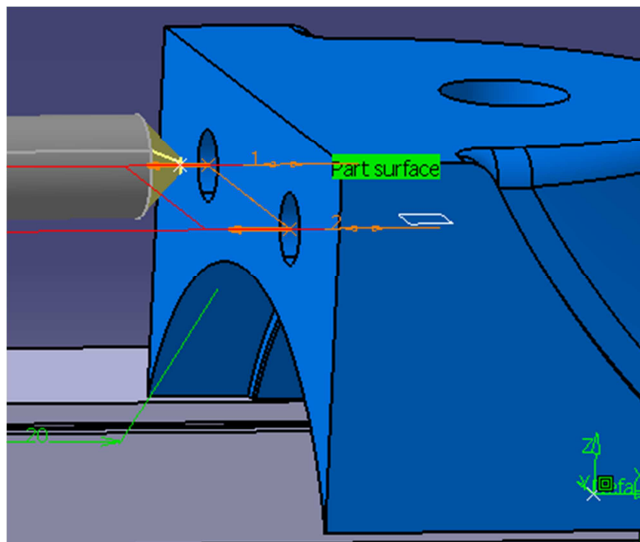
1-65 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 5

1.3.1.6 Operační úsek číslo 6 – sražení hran pro závit

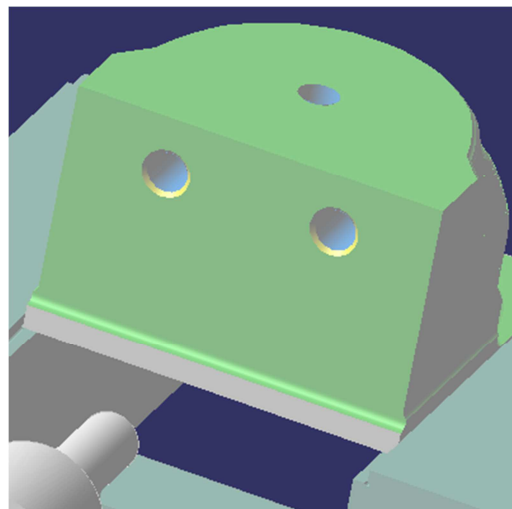
Jako šestý úsek se srazí hrany u obou děr pro závity M10. Pro sražení hran použijeme funkce *Counter Sinking*. Jako nástroj se použije srážecí D12x90 (Iscar) - ECF D-5/45-4C12.

čas řezu: 00:02,807s

celkový čas: 00:03,043s



1-67 Dráhy nástroje u úseku č. 6



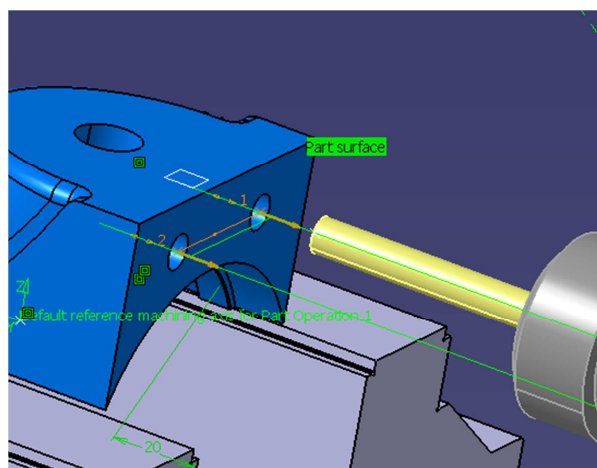
1-66 Tvar součásti po úseku č. 6

1.3.1.7 Operační úsek číslo 7 - řezání závitu

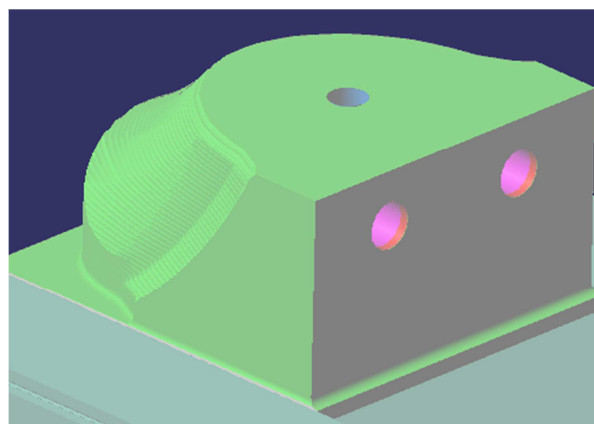
Jako sedmý úsek se vyřeže závit M10 do hloubky 10mm. Pro řezání závitu se použije funkce *Tapping*. Závit se vyřeže krouceným závitníkem M10 x 1.5 L15 z3 (OSG).

čas řezu: 00:18,222s

celkový čas: 00:18,478s



1-68 Dráhy nástroje u úseku č. 7



1-69 Tvar součásti po úseku č. 7

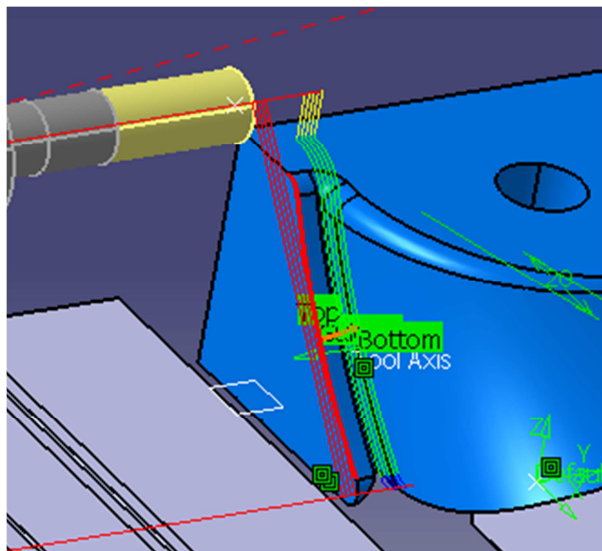
1.3.1.8 Operační úsek číslo 8 - boky rádiusu

V osmém úseku se pomocí čelní válčové frézy s názvem Fr D12 r0.2 L26 z4 - SEH 422825 - D12x80 dohotoví boky rádiusu na obou stranách. K dohotovení boků rádiusu se použije funkce *Profile Contouring*.

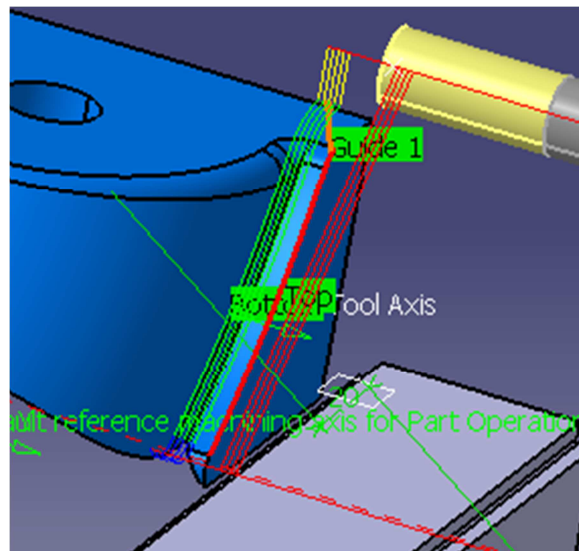
$a_p = 1\text{mm}$

čas řezu: $00:17,037 + 00:17,037 = 00:34:074\text{s}$

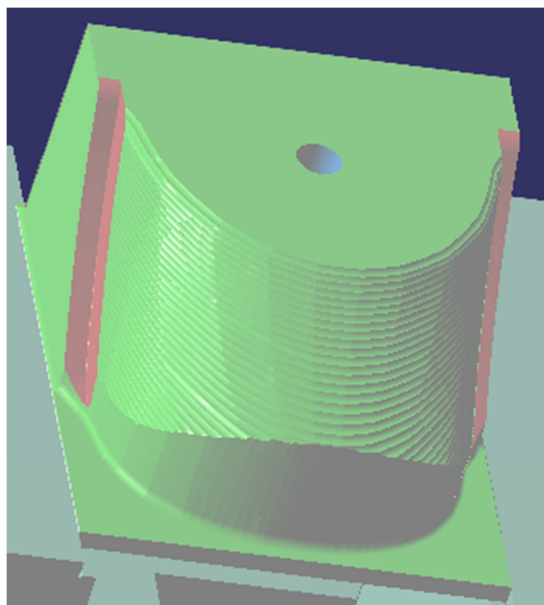
celkový čas: $00:22,444 + 00:28,105 = 00:50,549\text{s}$



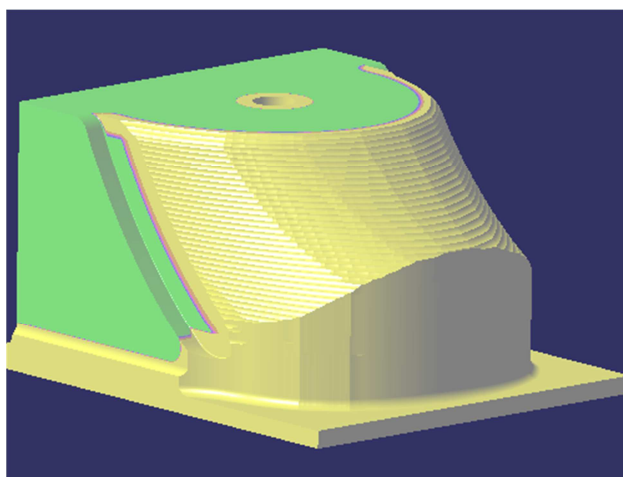
1-70 Dráhy nástroje u úseku č. 8



1-71 Dráhy nástroje u úseku č. 8



1-72 Tvar součásti po úseku č. 8



1-73 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 8

1.3.1.9 Operační úsek číslo 9 - zahloubení pro šroub

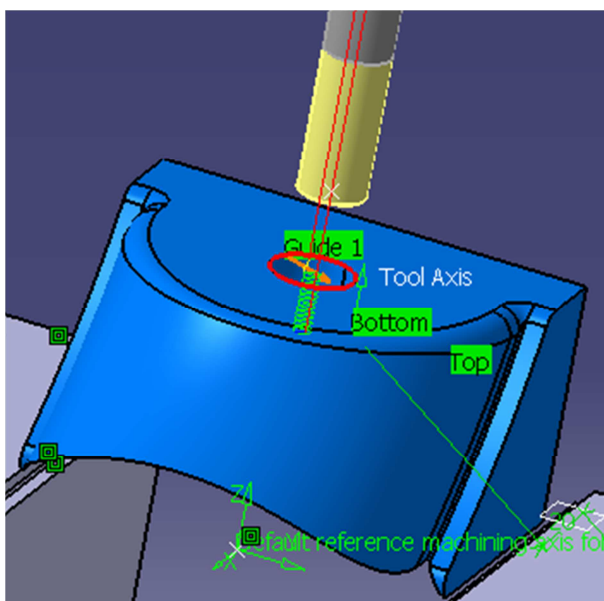
V devátém úseku se stejnou monolitickou čelní válcovou frézou jako v předchozí operaci zhotoví zahloubení pro šroub. Pro zhotovení zahloubení se použije funkce *Profile Contouring*.

Jelikož fréza použitá v předchozí operaci má průměr 12mm, což je méně, než je průměr zahloubení, který má průměr 16mm, je výhodnější použít tuto frézu a zahloubení zhotovit pomocí šroubovicové interpolace, než měnit nástroj a použít třeba válcový záhlubník.

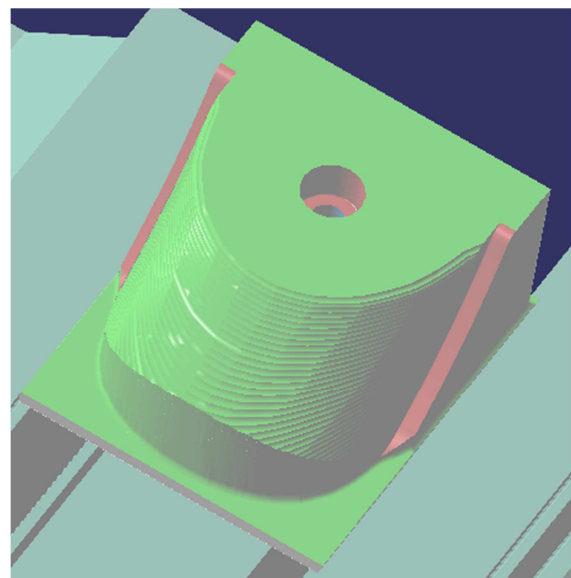
Úhel klesání: 7stůpňů

čas řezu: 00:07:730s

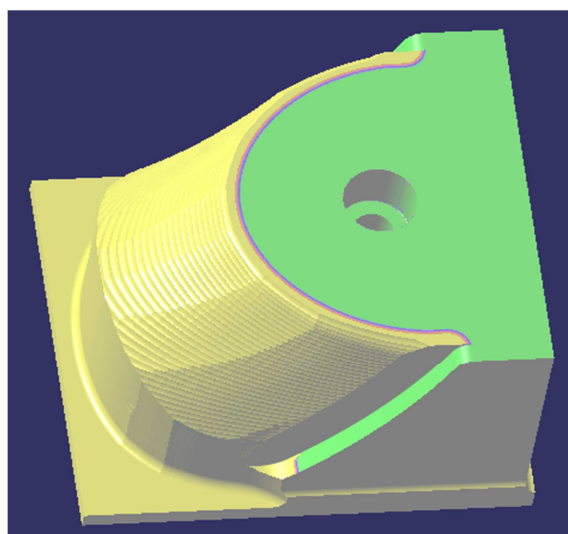
celkový čas: 00:08,350s



1-74 Dráhy nástroje u úseku č. 9



1-75 Tvar součásti po úseku č. 9



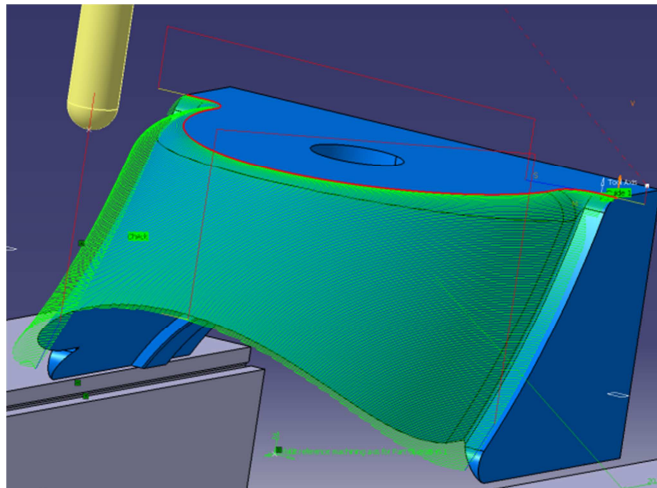
1-76 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 9

1.3.1.10 Operační úsek číslo 10 – dokončení rádiusu

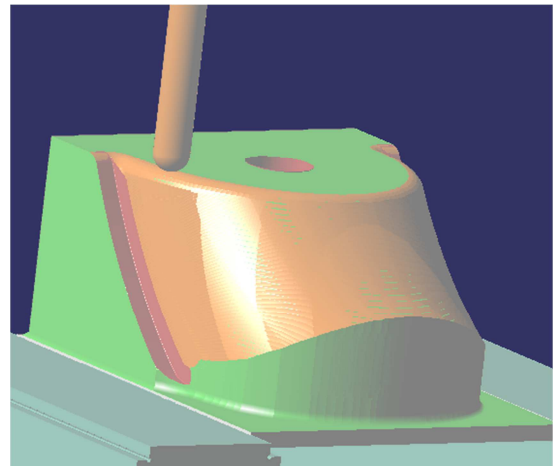
V desátém úseku se kulovou frézou o průměru 8mm označenou jako Kul D8 L40 z4 (long) - SEH 422845 dokončí rádius. K dokončení rádiusu se použije funkce *Contour-driven*.

čas řezu: 07:52:609s

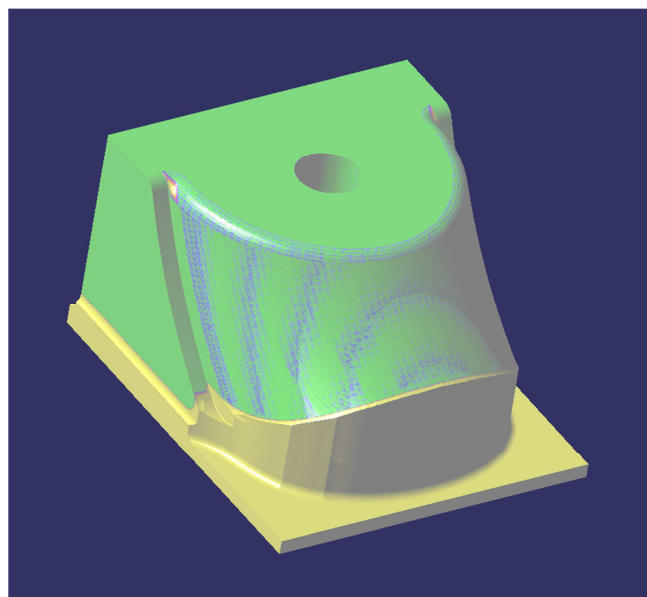
celkový čas: 05:56,456s



1-77 Dráhy nástroje u úseku č. 10



1-78 Tvar součásti po úseku č. 10



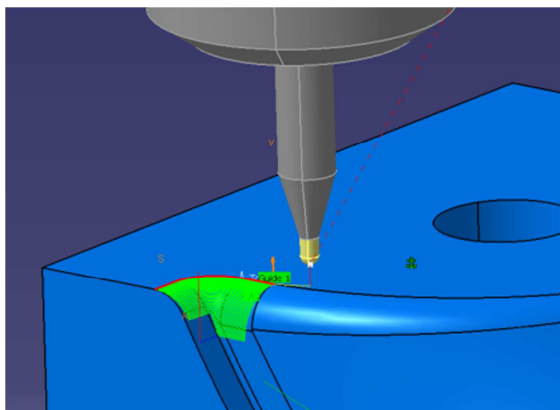
1-79 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 10

1.3.1.11 Operační úsek číslo 11- odstranění zbytkového materiálu v rozích

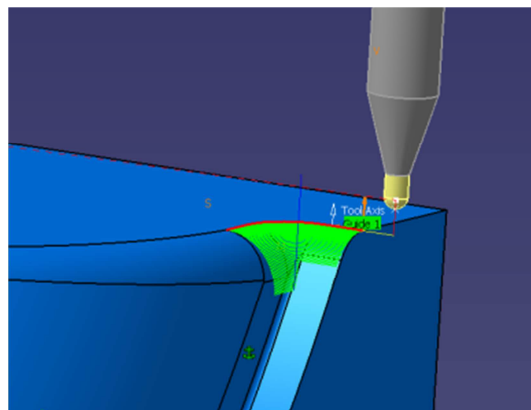
Protože kulová fréza o průměru 8mm se nedostane do všech rohů, tak v posledním úseku z této strany se odstraní zbytkový materiál v rozích. Odstranění zbytkového materiálu se dosáhne pomocí funkce *Contour-driven*. Jako nástroj se použije kulová fréza o průměru 2mm označená jako Kul D2 OSG FX-LN-EBD-6.

čas řezu: $00:27,480 + 00:28,301 = 00:55,781s$

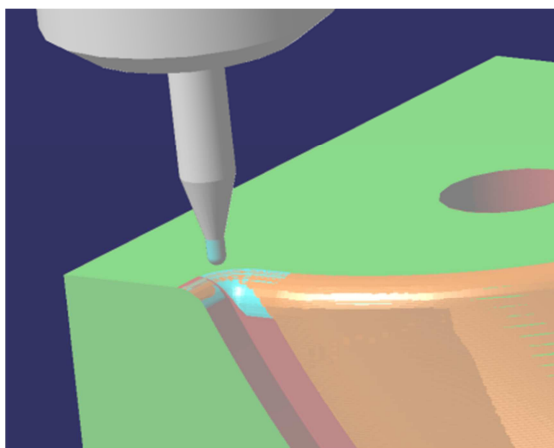
celkový čas: $00:22,444 + 00:28,105 = 00:50,549s$



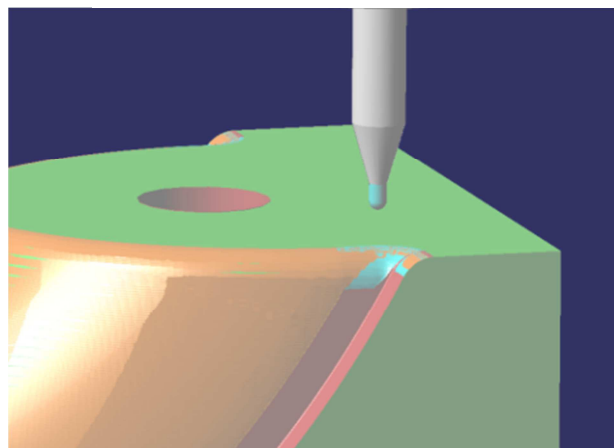
1-80 Dráhy nástroje u úseku č. 11



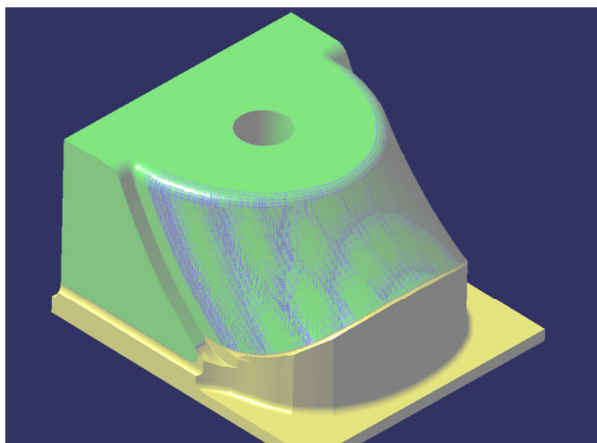
1-81 Dráhy nástroje u úseku č. 11



1-83 Tvar součásti po úseku č. 11



1-82 Tvar součásti po úseku č. 2



1-84 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 11

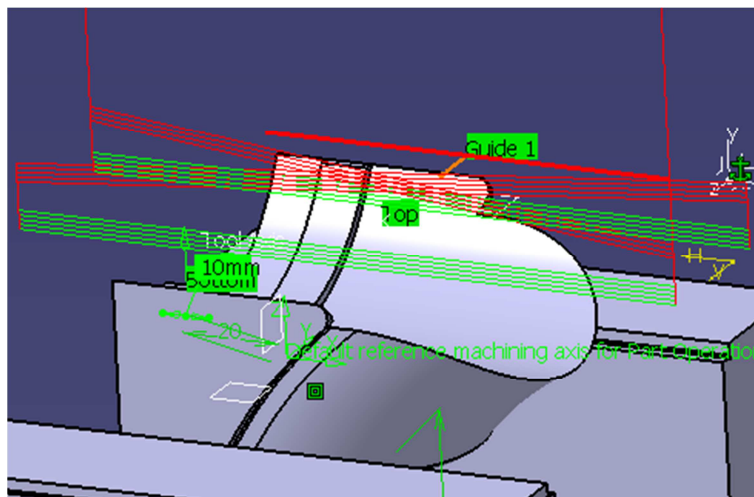
1.3.2 Druhá strana

1.3.2.1 Operační úsek číslo 1- čelo

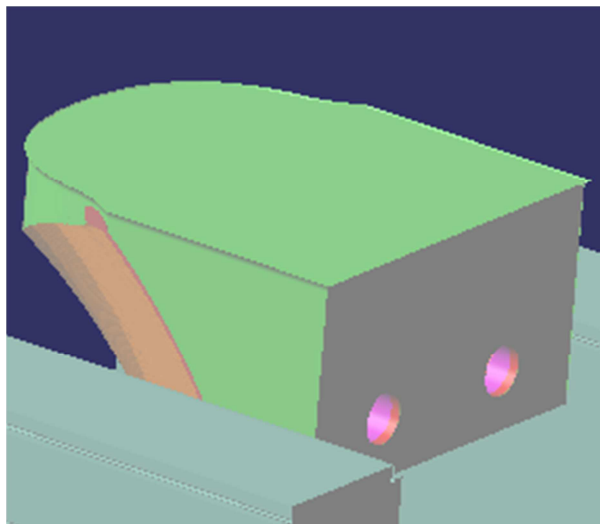
Jako první úsek této strany se opět nejprve přerovná čelo polotovaru. K tomu se použije funkce *Profile Contouring*. Stejně jako u první strany byla pro tento úsek použita fréza D50 r2 z7 OSG upnutá na trnu D22 L160.

$a_p = 1 \text{ mm}$
 $a_e = 35 \text{ mm}$

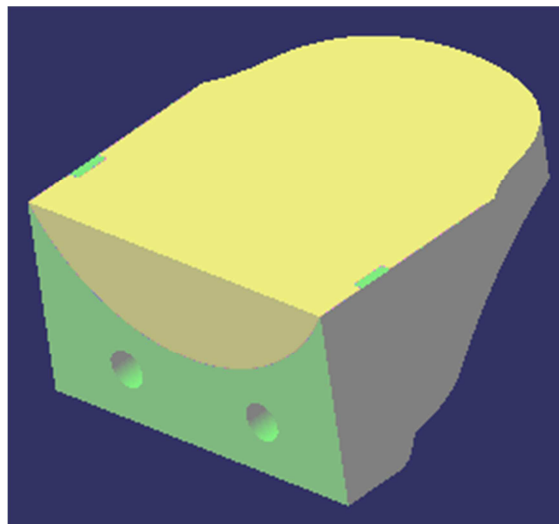
čas řezu: 00:57,805s
celkový čas: 01:36,407s



1-85 Dráhy nástroje u úseku č. 1



1-87 Tvar součásti po úseku č. 1



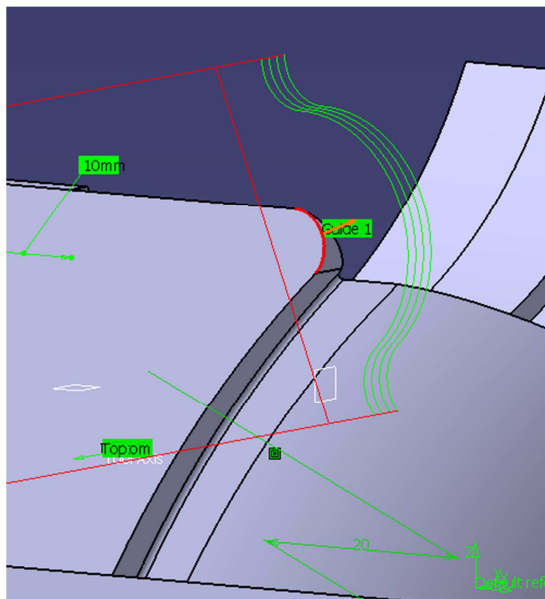
1-86 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 1

1.3.2.2 Operační úsek číslo 2 – rádiusy na bocích

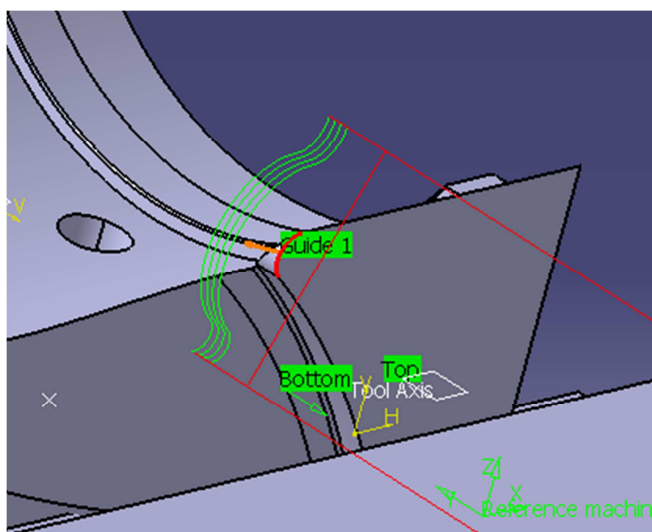
V druhém úseku se čelní vřezou o průměru 12mm označenou jako Fr D12 r0.2 L26 z4 - SEH 422825 - D12x80 zhotoví rádiusy na bocích součásti, které se dělají z důvodu bezpečnosti, aby na součásti nebyly špičaté rohy. K zhotovení rádiusů se použije funkce *Profile Contouring*. Velikost rádiusu se liší dle zvolené varianty.

čas řezu: 00:08,129 + 00:08,129 = 00:16,258s

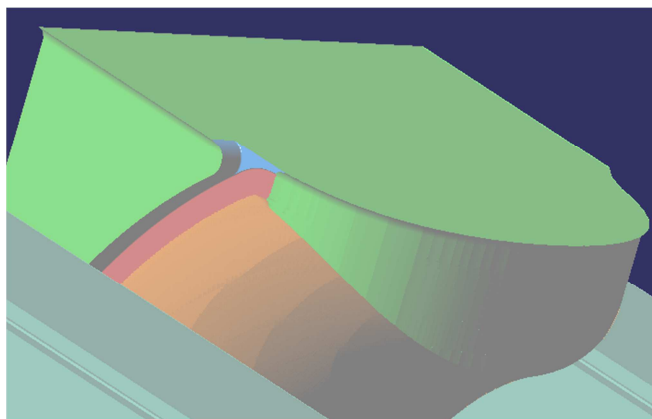
celkový čas: 00:12,040 + 00:12,040 = 00:24,080s



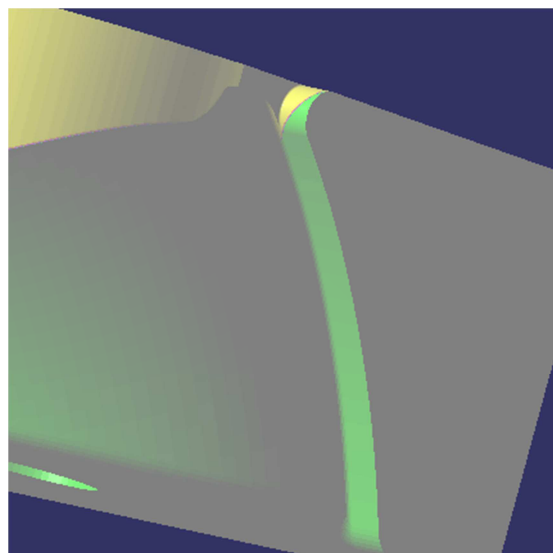
1-89 Dráhy nástroje u úseku č. 2



1-88 Dráhy nástroje u úseku č. 2



1-91 Tvar součásti po úseku č. 2



1-90 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 2

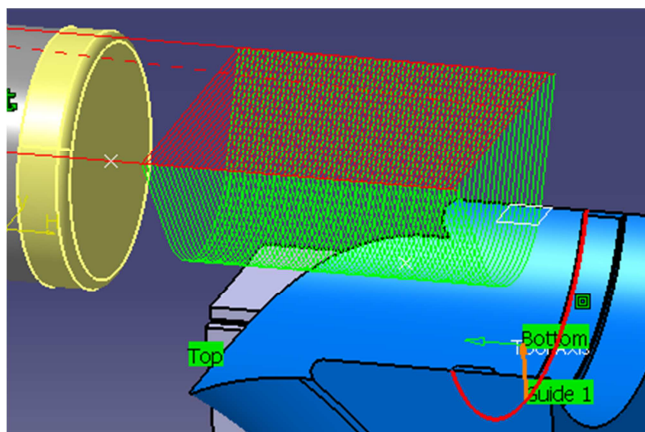
1.3.2.3 Operační úsek číslo 3 – hrubování rádiusů

V tomto úseku se vyhrubují rádius pomocí sedmizubé 90stupňové frézy s VBD, stejné, jako u úseku 1. K hrubování rádiusů se použije funkce *Profile Contouring*.

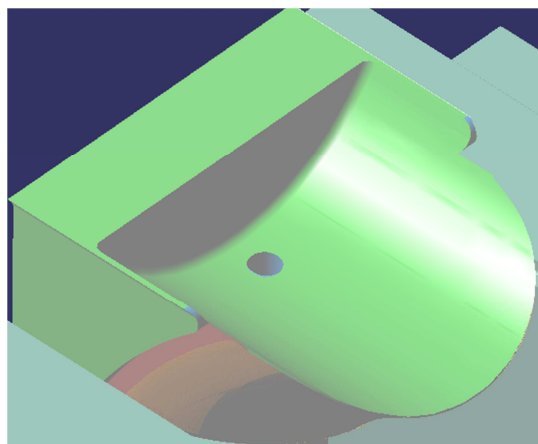
$$a_p = 1\text{mm}$$

$$\text{čas řezu: } 01:47,115 + 00:20,403 = 02:07:518\text{s}$$

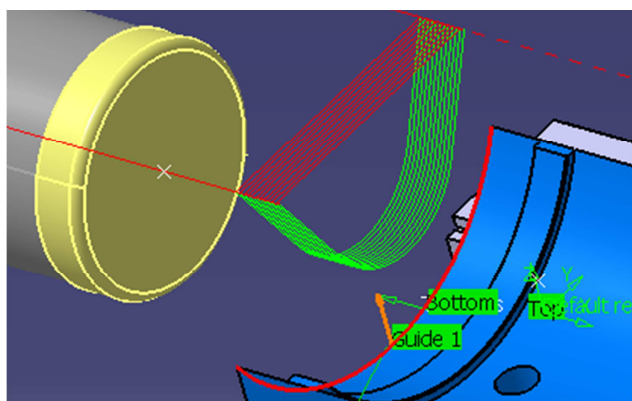
$$\text{celkový čas: } 03:57,543 + 00:45,361 = 04:42,904\text{s}$$



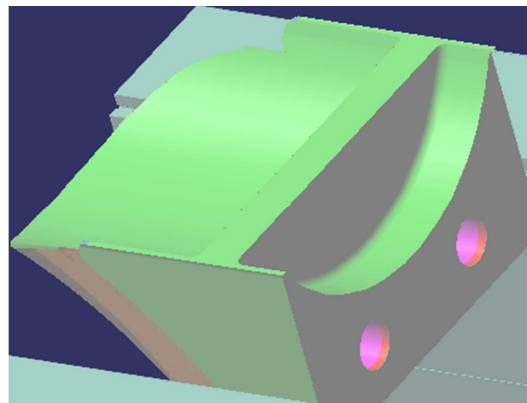
1-92 Dráhy nástroje u úseku č. 3



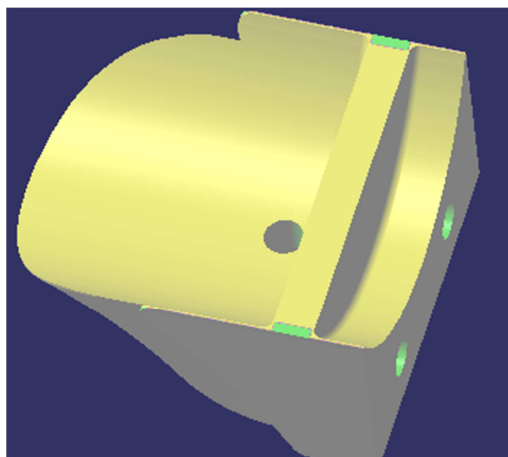
1-93 Tvar součásti po úseku č. 3



1-95 Dráhy nástroje u úseku č. 3



1-94 Tvar součásti po úseku č. 3



1-96 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 3

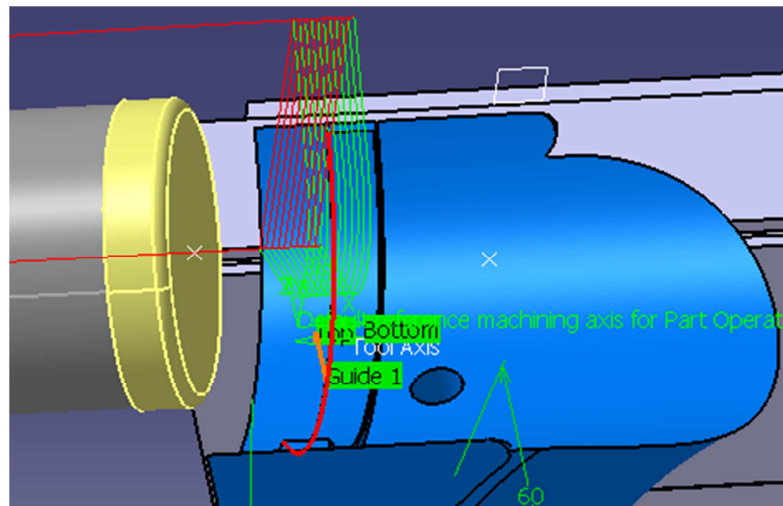
1.3.2.4 Operační úsek číslo 4 – výška pera

V tomto úseku se ofrézuje pero na výšku pomocí sedmizubé 90stupňové frézy s VBD, stejné jako v minulém úseku. K tomu se použije funkce *Profile Contouring*.

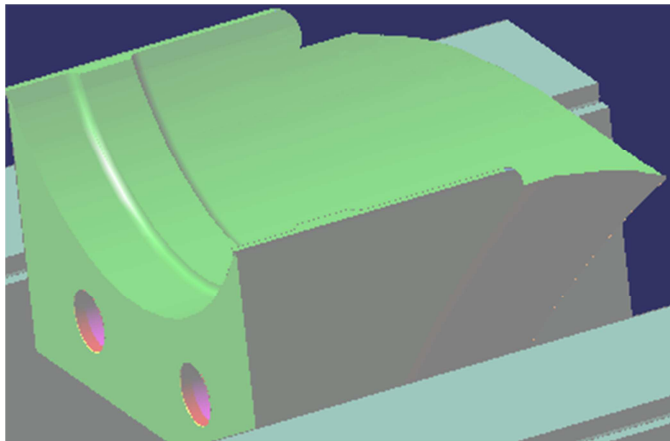
$a_p = 1\text{mm}$

čas řezu: 00:12:606s

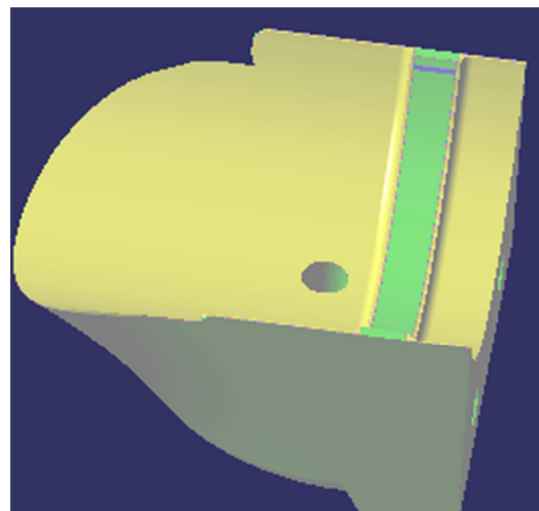
celkový čas: 00:29,947s



1-97 Dráhy nástroje u úseku č. 4



1-98 Tvar součásti po úseku č. 4



1-99 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 4

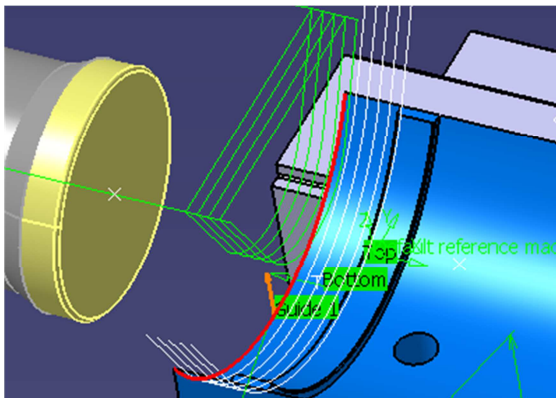
1.3.2.5 Operační úsek číslo 5 – dokončení rádiusu

Jako úplně poslední úsek je dokončení rádiusu. Jelikož Fr D50 r2 z7 OSG má destičky s rádiusem R2, bylo třeba na dokončení použít jinou frézu, která má menší zaoblění rohů, aby se odebral i materiál v rozích u pera. Byla tedy použita šestizubá devadesátistupňová fréza s VBD s rádiusem zaoblená r0,8 s označením Fr D50 r0.8 L8 z6 (Avantec). K dokončení rádiusu se použije funkce *Profile Contouring*.

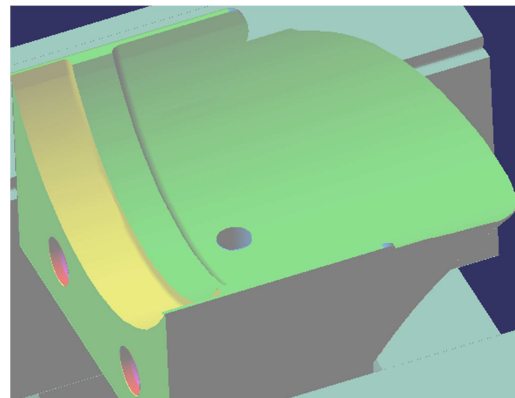
$$a_p = 2,5 \text{ mm}$$

$$\text{čas řezu: } 00:09,147 + 0:53,5295 = 01:03:445\text{s}$$

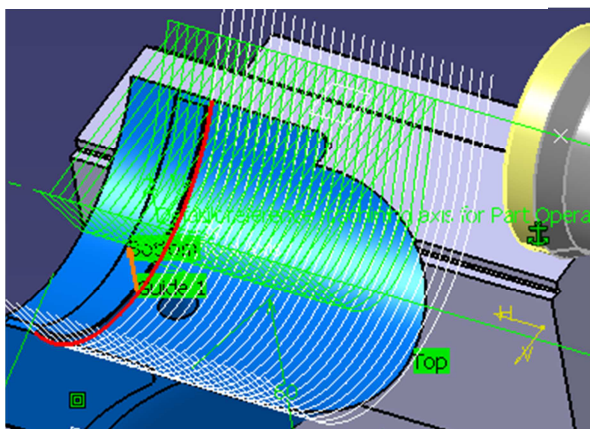
$$\text{celkový čas: } 00:21,778 + 01:56,982 = 02:18,760\text{s}$$



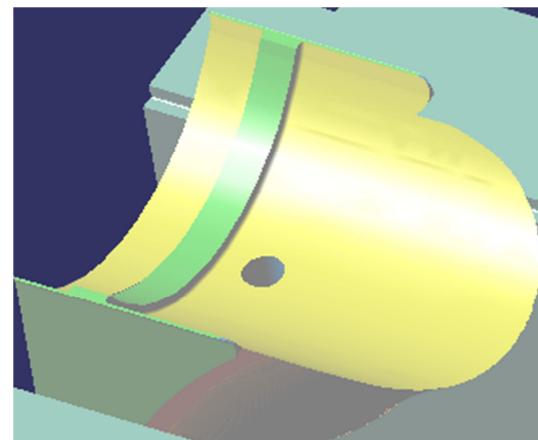
1-100 Dráhy nástroje u úseku č. 5



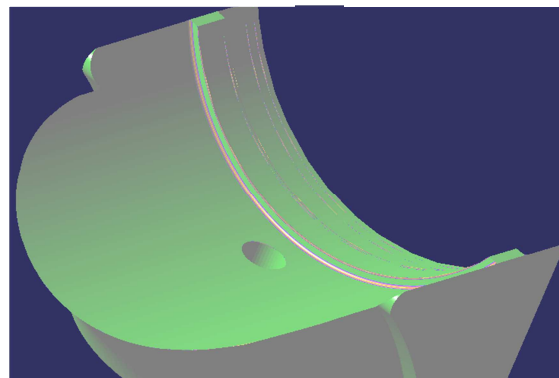
1-101 Tvar součásti po úseku č. 5



1-103 Dráhy nástroje u úseku č. 5



1-102 Tvar součásti po úseku č. 5



1-104 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 5

2 Parametrizace vybraného typového představitele

2.1 Parametrizace v programu Catia V5

2.1.1 Parametr

Při vytváření modelu součásti v CAD systému, nebo vytváření technologie obrábění dané součásti v CAM systému vzniká spousta prvků. Každý takto vzniklý prvek má různé vlastnosti – *parametry*. Každá parametr musí mít svůj název, typ a hodnotu. Název musí být jedinečný a žádný jiný parametr nemůže být pojmenován stejně. (např.: hloubku děr součásti nemůžeme pojmenovat jen jako hloubka, ale musíme zadat nějaké označení, například pořadové číslo). Každý parametr charakterizuje jejich typ. Existuje celá řada typů. Na ukázkou uvádíme několik nejčastěji užívaných typů:

Real - reálné číslo (desetinné)

Integer - celé číslo

String - řetězec

Boolean - logická hodnota (true / false, 1 / 0)

Length - délkový rozměr [mm]

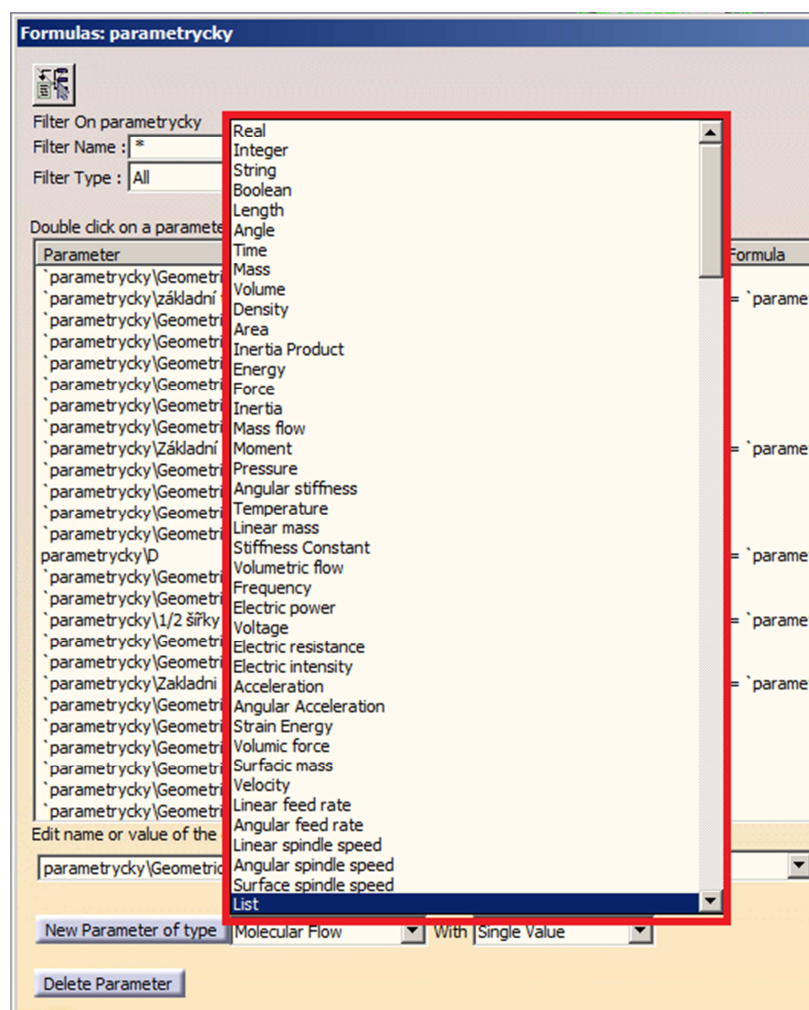
Angle - úhel ve stupních [deg]

Time - čas [s]

Mass - hmotnost [kg]

Area - obsah [m²]

...



2-1 Typy parametrů

U každého modulu v programu Catia V5 se vyskytují různé parametry. V modulu *Machining* můžeme nalézt například parametry typu:

Retract to safety plane mode – odjezd do bezpečné roviny – udává, jak nástroj přejede do bezpečné roviny. Tento parametr může nabýt jen dvou hodnot, a to: kolmo na bezpečnou rovinu, ve směru osy nástroje.

Approach mode – nájezdu do řezu – udává, jakým způsobem nástroj najede do řezu.

Side to machine – strana obrábění uzavřené kontury - insice, outside

Tool path style – dráha nástroje – Zig zag, One way, Helix

Linear feed rate - lineární rychlost posuvu – posuv [mm/min]

Angular feed rate - úhlová rychlost posuvu [mm/ot]

Angular spindle speed – otáčky [ot/min]

Linear spindle speed – lineární rychlost vřetene – řezná rychlost [m/min]

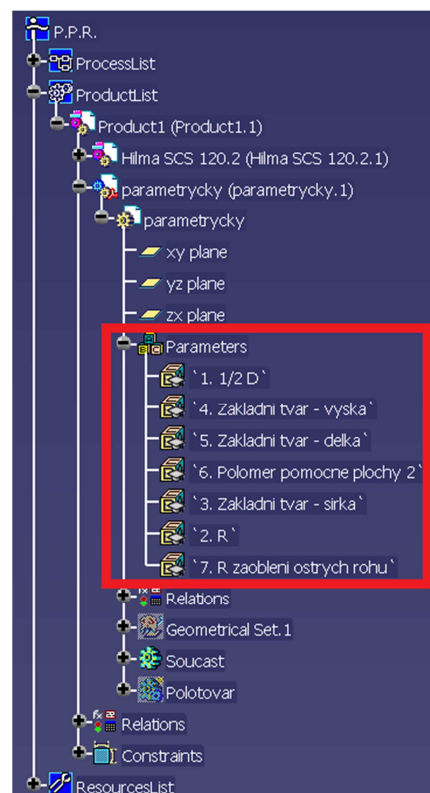
Tool axis strategy - strategie osy nástroje (určení směru osy nástroje – např. ve směru normály ode dna)

Tooth material - materiál nástroje

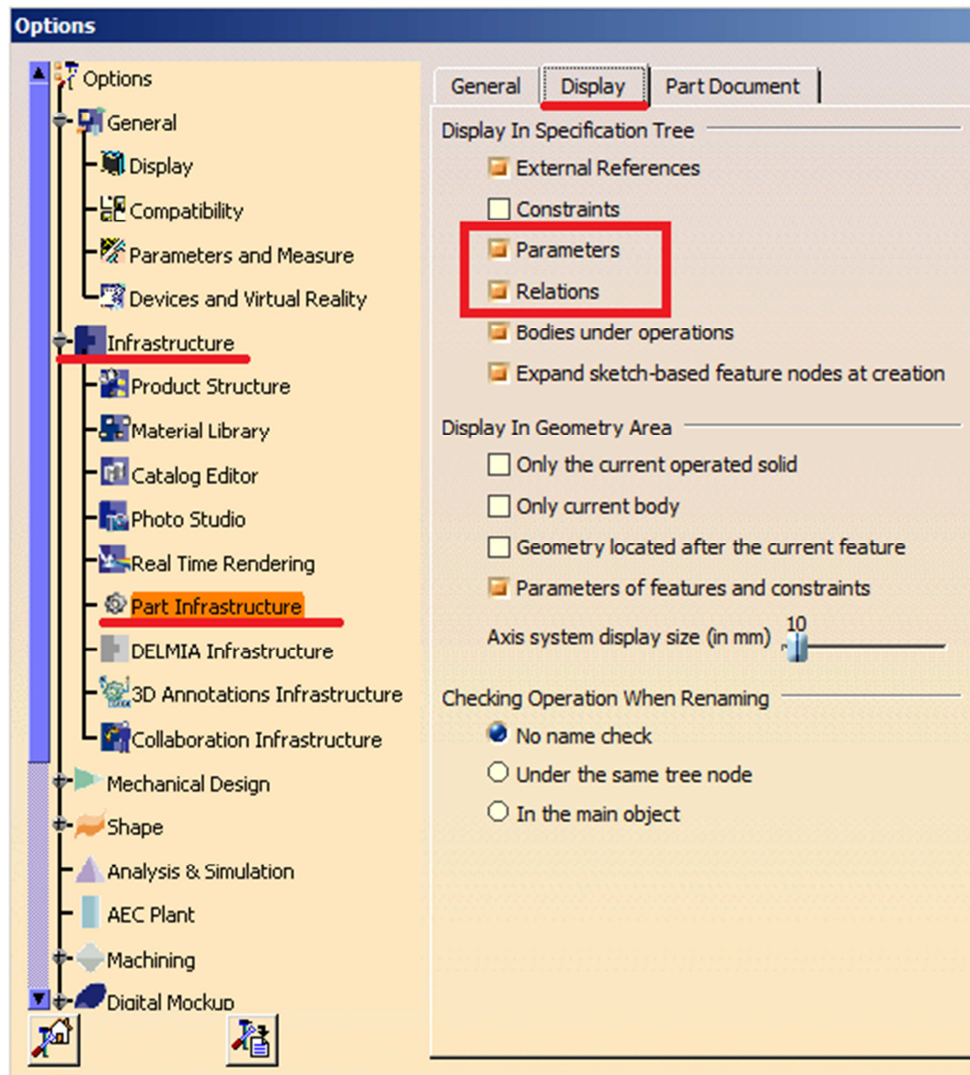
Machining quality – kvalita obrábění – udává, zda je daná operace hrubování, nebo dokončování

...

Program Catia V5 umožňuje vytváření uživatelských parametrů – *User parameters*. Uživatelské parametry můžeme najít v hierarchickém stromu (viz obrázek 2-2). Jejich zobrazení lze umožnit/zabránit v nastavení: Tools → Options → Infrastructure → Part Infrastructure → Display (viz obrázek 2-2).



2-2 Parametry v hierarchickém stromu



2-3 Nastavení zobrazení parametrů a vzorců

2.1.2 Práce s parametry

Ke každému parametru je možno přiřadit vzorec (formula) nebo lze změnit jeho hodnotu přímo ručním zadáním. Ke správě parametrů slouží editor *Formula*. Tento editor se nachází na panelu *Knowledge* (viz obrázek 2-3)



2-4 Panel Knowledge s označenou ikonou Formula

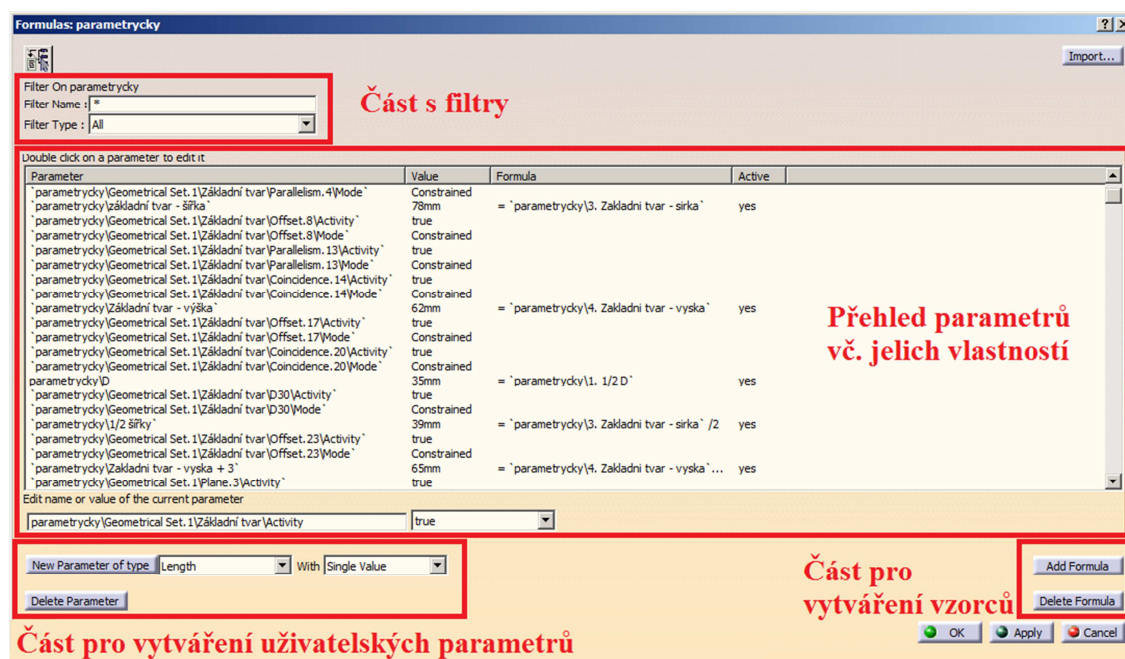
Po kliknutí na ikonu editoru (která je červeně označena na obrázku 2-3) se otevře dialogové okno editoru (viz obrázek 2-5), ve kterém lze upravit všechny parametry.

Pro snadnější vyhledávání námi vytvořených (tedy *User parameters*), nebo automaticky vzniklých parametrů slouží filtry, které se nachází v horní části okna editoru. Parametry můžeme vyhledávat buď podle názvu, podle typu nebo podle místa použití (např.: Process, Part, ...).

Ve střední části okna editoru se nachází přehled parametrů. Tato část má čtyři sloupce. V prvním sloupci s názvem *Parametr* je jméno parametru. Druhý sloupec, s názvem *Value*, nám udává hodnotu parametru, která se liší dle jeho typu. Pokud je hodnota parametru závislá na nějakém vzorci, tak tento vzorec najdeme ve třetím sloupci *Formula*. V posledním sloupci *Activ* je uvedeno, zda je daný vzorec aktivní, nebo ne. Každý parametr může mít více vzorců, ale aktivní může být jen jeden.

V levé dolní části tohoto okna se nachází část pro vytváření (*New Parameter of type*) nebo mazání uživatelských parametrů. Parametry, které nevytvoříme, ale jsou vygenerovány automaticky, nelze smazat, pouze můžeme upravit jejich hodnotu.

V pravé dolní části se nachází část pro vytváření (*Add formula*) a mazání (*Delete formula*) vzorců.



2-5 Dialogové okno editoru parametrů

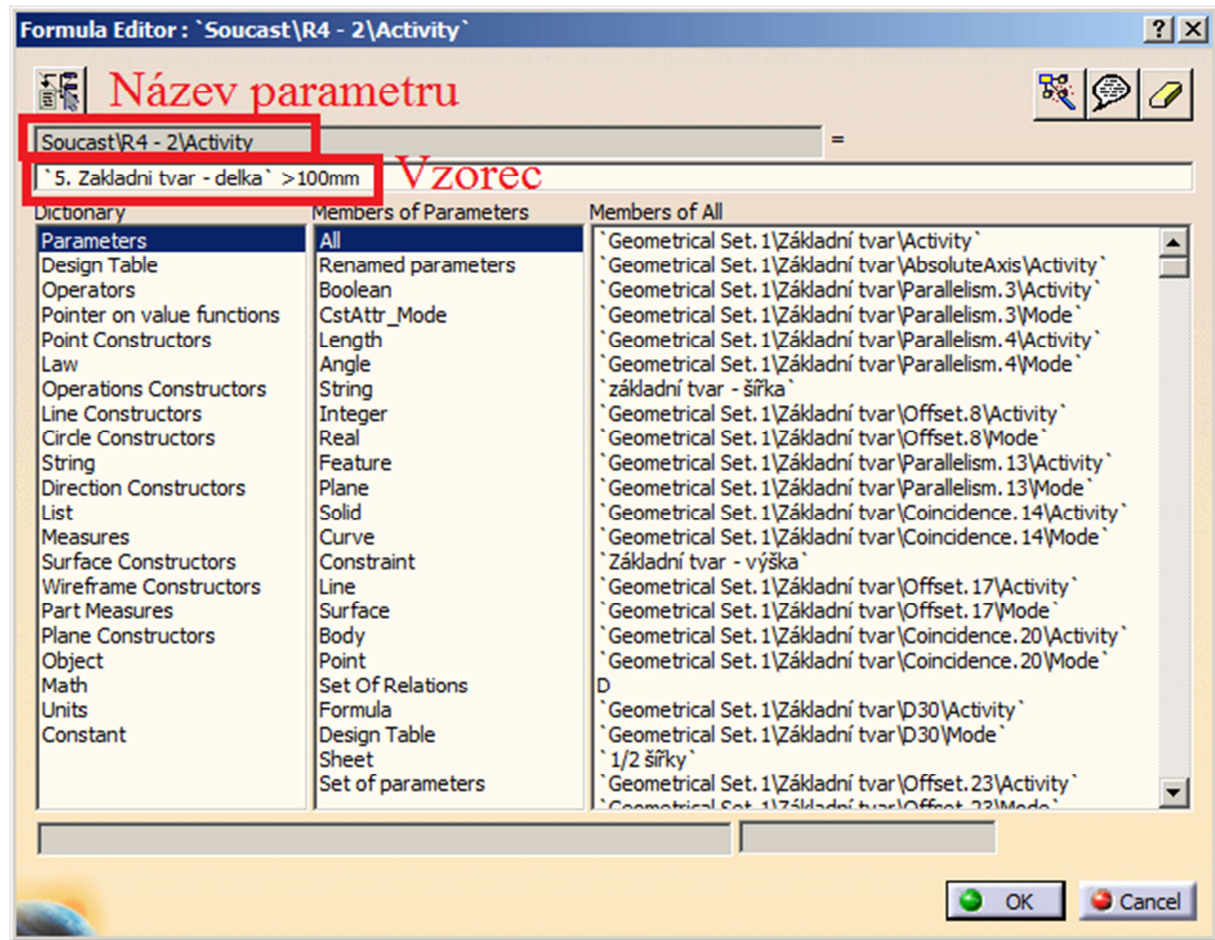
2.1.2.1 Vytvoření uživatelského parametru

Uživatelské parametry (*User parameters*) se vytváří v dialogovém okně *Formula* (viz obrázek 2-5). K vytvoření parametru slouží ikona, která se nachází v levé dolní části a má název *New Parameter of type*. Vlevo vedle této ikony je okno pro výběr typu parametru. Název parametru je automaticky odvozen od typu parametru, ale v okně s názvem *Edit name or value of the current parameter* lze název změnit. Vlevo od tohoto okna je okno, ve kterém můžeme změnit hodnotu parametru.

Všechny uživatelské parametry se poté objeví v hierarchickém stromu v záložce *Parameters*.

2.1.2.2 Vytvoření/přiřazení vzorce

Vzorci se vytváří pomocí ikony *Add Formula* v pravém dolním rohu v okně *Formula* (viz obrázek 2-5). Nejprve musíme v přehledu parametrů označit parametr, ke kterému chceme vzorec přiřadit. Dvojklikem na zvolený parametr, nebo kliknutím na ikonu *Add Formula* se otevře nové dialogové okno s názvem *Formula Editor* (viz obrázek 2-6).



2-6 Dialogové okno Formula Editor

V horní části okna se nachází název parametru, ke kterému přiřazujeme vzorec, a okno, ve kterém je napsaný vzorec. Pokud ve vzorci používáme číselnou hodnotu, která má nějakou jednotku (délka, úhel,...), tak tato jednotka musí být ve vzorci uvedena za číslem.

V dolní části se nachází okno s názvem *Dictionary*, ve kterém se vyskytuje seznam parametrů, operátorů, jednotek, atd., které lze použít při vytváření výrazu.

Na obrázku 2-6 je příklad, ve kterém je uvedena, podmínka (5. Zakladni tvar – delka > 100mm), která když je splněna bude aktivní parametr s názvem „Soucast\R4-2\Activity“.

2.1.2.3 Tabulka parametrů

Pokud při parametrizaci potřebujeme měnit najednou více parametrů, které mezi sebou nemají žádnou závislost, jež by šla vyjádřit pomocí vzorců, a nechceme hodnoty těchto parametrů měnit ručně jeden po druhém, použijeme tabulku parametrů, neboli *Design table*. Výhody této tabulky jsou především v tom, že při ručním zadávání by mohlo dojít k přeskočení nějakého parametru, nebo zadání špatné hodnoty. Při zadání jiné hodnoty se předchozí hodnota ztrácí, a tak musíme hodnoty znovu zadávat, i když se chceme vrátit k předchozím rozměrům.

Tabulka 1: Tabulka parametrů

D (mm)	D/2 (mm)	R (mm)	šířka (mm)	výška (mm)	délka (mm)	poloměr (mm)	zaoblení rohů (mm)	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
30	15,0	45	48	52	100	27	6	50	50	77
35	17,5	60	48	52	100	27	4	50	50	72
45	22,5	50	58	52	100	34,5	4	60	40	78
45	22,5	60	58	52	100	34,5	4	60	40	72
48	24,0	90	58	52	105	34,5	3	60	40	72
52	26,0	70	58	52	100	34,5	2	60	40	77
55	27,5	70	68	52	100	34,5	6	70	55	77
55	27,5	90	68	52	105	34,5	6	70	55	77
60	30,0	60	68	62	100	39,5	3	70	50	77
60	30,0	70	68	62	100	39,5	3	70	50	77
60	30,0	80	68	62	100	39,5	3	70	50	72
60	30,0	90	68	62	105	39,5	3	70	50	72
65	32,5	100	74	62	115	39,5	4	75	60	87
65	32,5	110	78	62	120	39,5	6	80	65	87
65	32,5	150	78	62	160	39,5	6	80	65	122
65	32,5	90	78	62	105	39,5	6	80	65	78
70	35,0	100	78	62	115	44,5	3	80	50	82
70	35,0	110	78	62	120	44,5	3	80	50	87
70	35,0	120	78	62	125	44,5	3	80	50	87
70	35,0	80	78	62	100	44,5	3	80	50	72

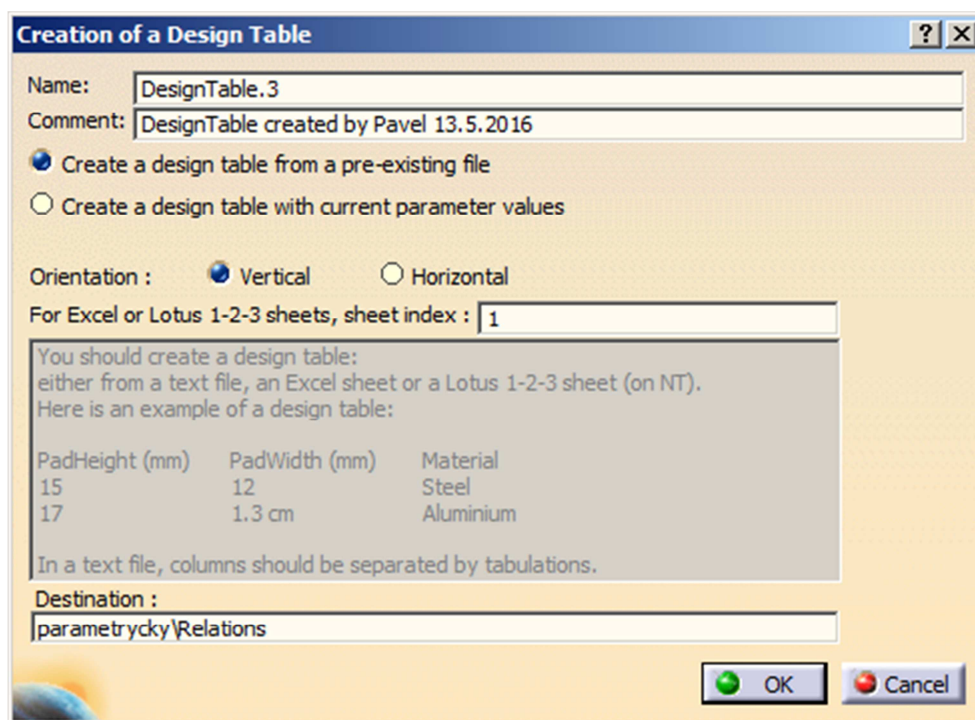
Princip tabulky parametrů; je jednoduchý. Jedná se o provázání tabulky vytvořené v MS Excel (*.xls; *.xlsx; *.xlsm), nebo v textovém editoru (*.txt) a parametrů modelu součásti.



2-7 Panel Knowledge s označenou ikonou Design table

Ikonu pro vytvoření tabulky parametrů nalezneme v panelu Knowledge (viz obrázek 2-7). Po kliknutí na tuto ikonu, se nám otevře dialogové okno *Creation of a Design Table* (viz obrázek 2-8). Pro vytvoření tabulky v MS Excel máme dvě možnosti:

- Vytvoříme si sami tabulku parametrů: *Create a design tabel from a pre-existing file*
- Z již vytvořených parametrů se vytvoří tabulka automaticky: *Create a design table with current parameter value.*

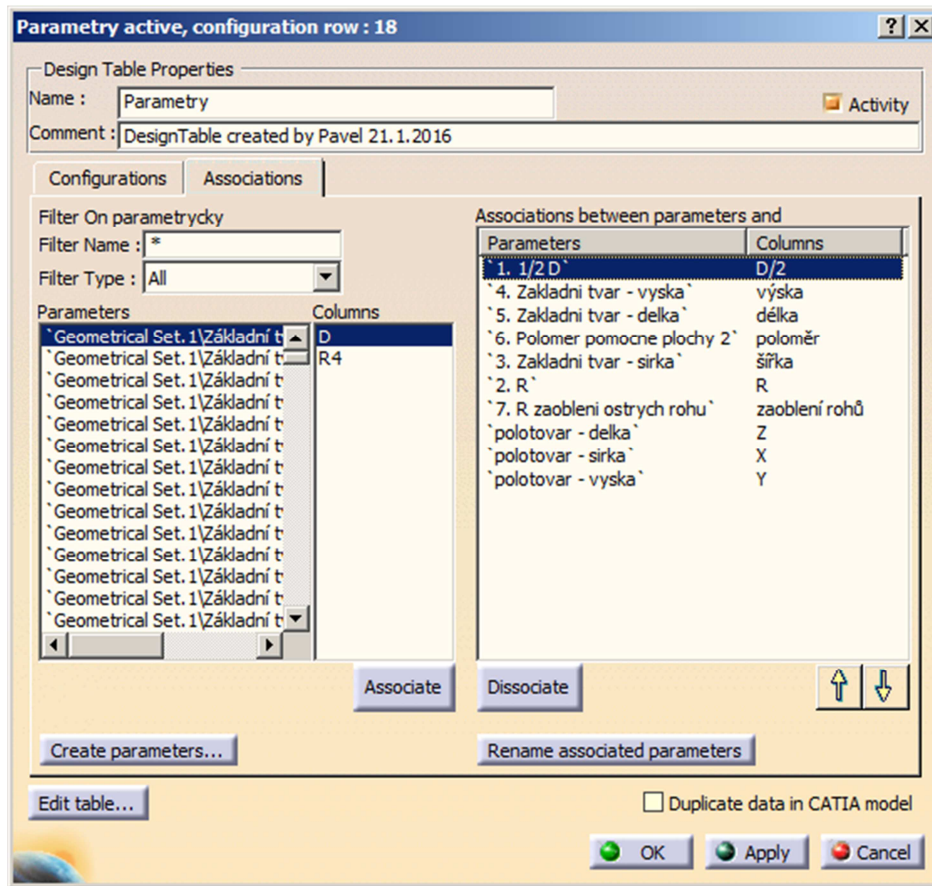


2-8 Dialogové okno Creation of a Design Table

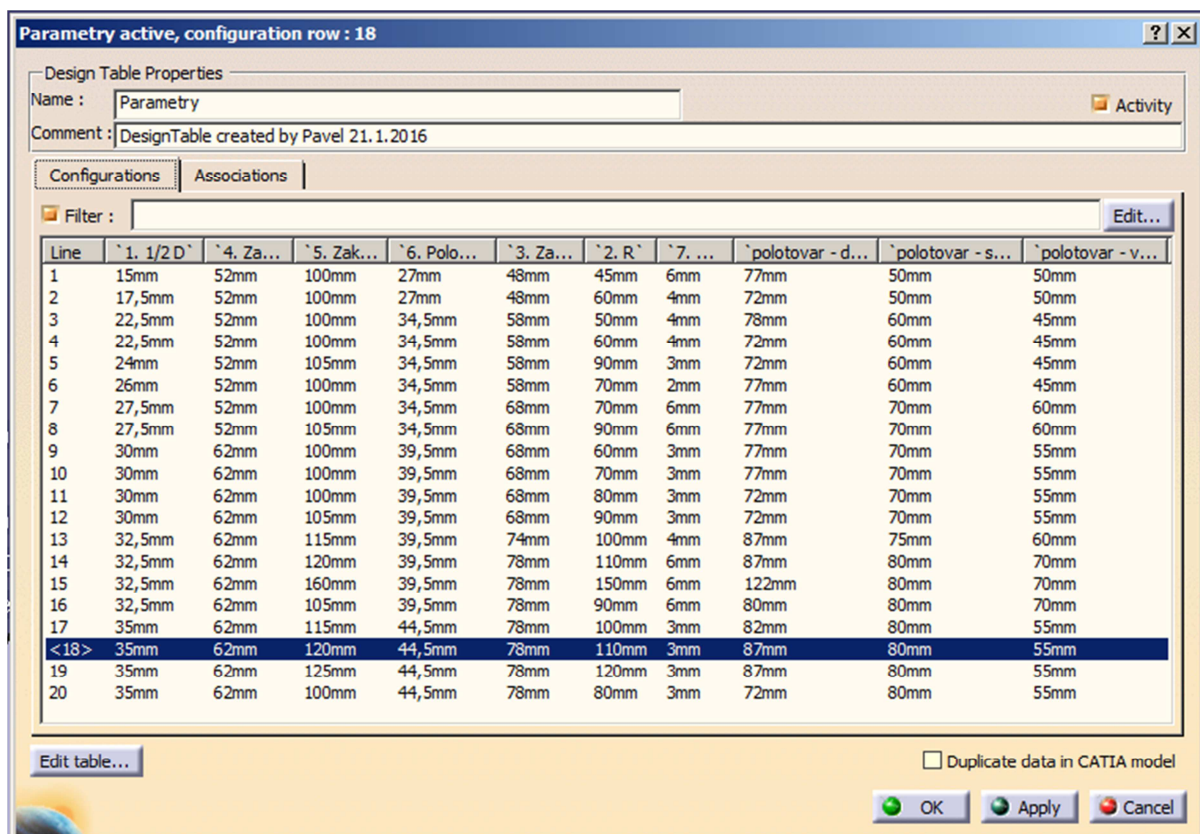
Ad a)

Zaškrtneme *Create a design table from a pre-existing file* a potvrdíme OK. Otevře se okno, kde vybereme soubor s již vytvořenou tabulkou (*.xls; *.xlsx; *.xslm, nebo *.txt), a opět potvrdíme. Rozložení tabulky záleží na orientaci, ale pro zaškrtnutí orientace *Vertical* tvoří první řádek názvy parametrů, druhý a další řádky pak představují jejich hodnoty. Pokud parametry v Catii mají stejný název jako parametry v tabulce, můžeme svázat parametry automaticky, neboť po potvrzení vybrané tabulky se nás na to Catia zeptá.

Po potvrzení se dostaneme do dialogového okna pro editaci *Design table*. V horní části jsou dvě záložky - *Configurations* a *Associations* (viz obrázek 2-9 a 2-10). Dokud nemáme vytvořené vazby mezi parametry v Catii a tabulkou, je záložka *Configurations* prázdná.



2-9 Dialogového okna pro editaci Design table – záložka Associations



2-10 Dialogového okna pro editaci Design table – záložka Configurations

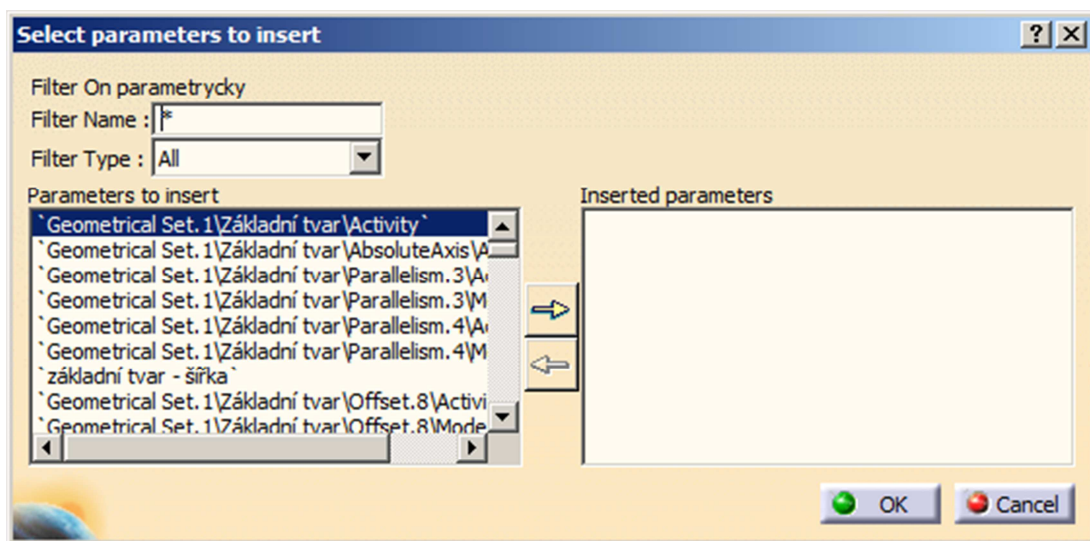
Pro vytvoření vazeb mezi parametry v Catii a tabulkou musíme nejprve přepnout do záložky *Associations*. Ve sloupci *Parameters* vybereme parametr v Catii a ve sloupci *Columns* parametr z tabulky (pokud je sloupec *Columns* prázdný, máme špatně vytvořenou tabulku). Po výběru obou parametrů klikneme na tlačítko *Associate*, čímž dojde k vytvoření vazby. Tato vazba se následně zobrazí ve třetím sloupci. Pokud vytvoříme vazbu špatně, lze vazbu opět zrušit tlačítkem *Disassociate*.

Přepneme se do záložky *Configurations*, kde nyní vidíme parametry a jejich hodnoty, které odpovídají hodnotám v řádcích *xlsx* (*xls*; *xlsm*, nebo *txt*) tabulky. První číslo označuje číslo řádku. Jedno číslo označující řádek je obaleno znaky $< >$, což značí aktivní konfiguraci. Znamená to, že do parametrů jsou přenášeny hodnoty z prvního řádku. Jinou konfiguraci nastavíme výběrem libovolného jiného řádku a potvrzením kliknutím na *Apply*.

V pravém dolním rohu záložky *Configurations* i *Associations* najdeme tlačítko *Edit table...* Po kliknutí na toto tlačítko se nám v MS Excel otevře naše tabulka parametrů.

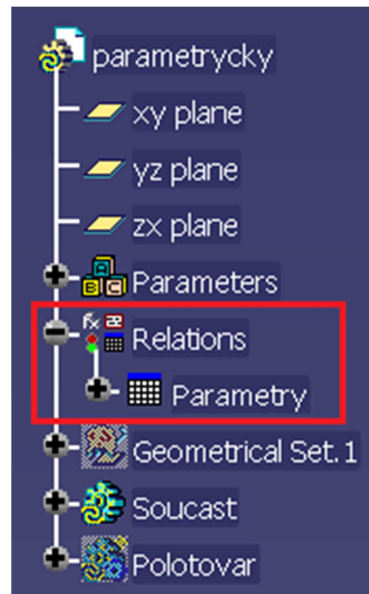
Ad b)

Tabulku parametrů můžeme vytvořit i druhým způsobem, a to výběrem stávajících parametrů v modelu. Při vytváření zvolíme možnost *Create a design table with current parameter value* a potvrdíme. Otevře se okno s výběrem parametrů, které budou přeneseny do *xlsx* (*xls*; *xlsm*, nebo *txt*) souboru. V levém sloupci vybereme parametry, které chceme přenést a šipkou je přemístíme do pravého sloupce. Po potvrzení se otevře okno, kde zadáme název a typ souboru s tabulkou.



2-11 Dialogové okno se stávajícími parametry

Po vytvoření tabulky parametrů můžeme tuto tabulku nalézt v hierarchickém stromu v záložce *Relations* (viz obrázek 2-12)

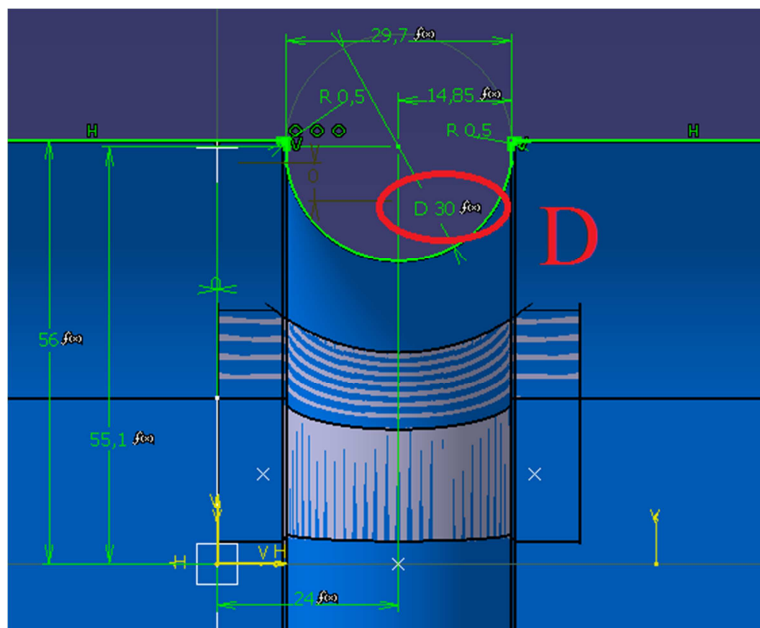


2-12 Tabulka parametrů v hierarchickém stromu

2.2 Popis vyráběných variant

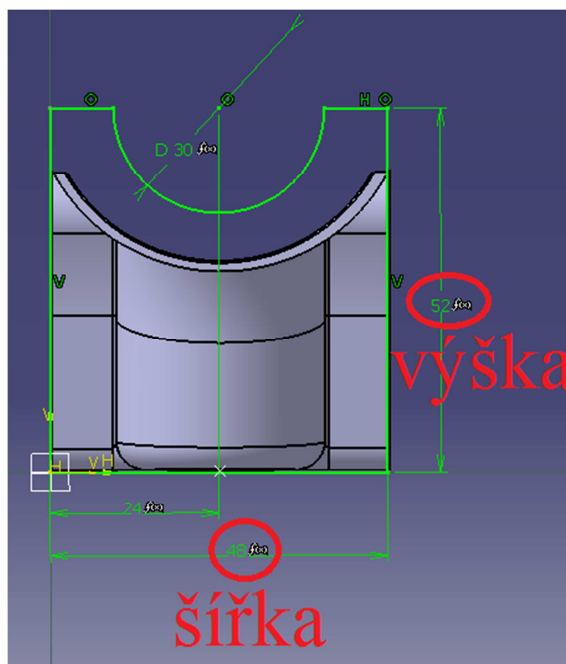
2.2.1 Rozměry jednotlivých variant

Parametr „D“ (obrázek 2-13) je průměr pomocné plochy a jeho velikost je součástí označení varianty, a protože software Catia V5 v tabulce rozměrů udává poloměrovou hodnotu a lze změnit jen zobrazení v modelu, byl zaveden i parametr „D/2“. Parametr „D“ je roven průměru ohýbané trubky.



2-13 Zakótování parametru „D“

Parametry „výška“ a „šířka“ (obrázek 2-14) jsou rozměry základního tvaru.



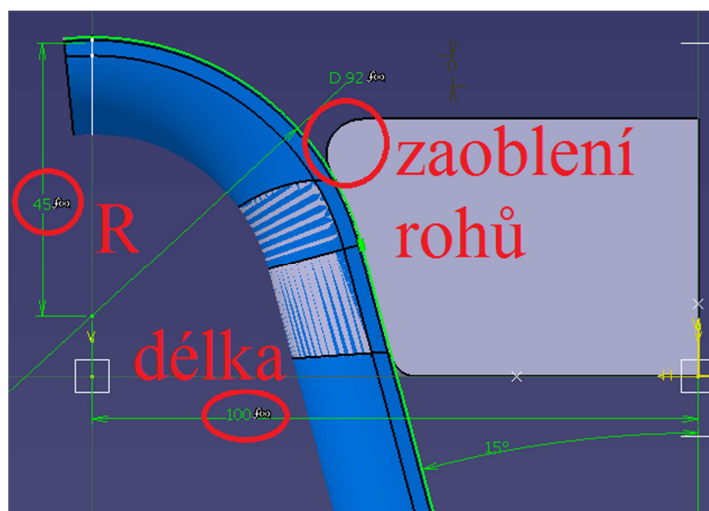
2-14 Zakótování parametrů „výška“ a „šířka“

Parametr „R“ udává vzdálenost mezi osou jedné pomocné plochy (plocha modré barvy na obrázku 2-15) a středem oblouku, který je součástí druhé pomocné plochy (plocha žluté barvy obrázku 2-17). Tento rozměr je rovněž i poloměr ohýbací hlavy, a proto je hodnota tohoto parametru součástí názvu varianty.

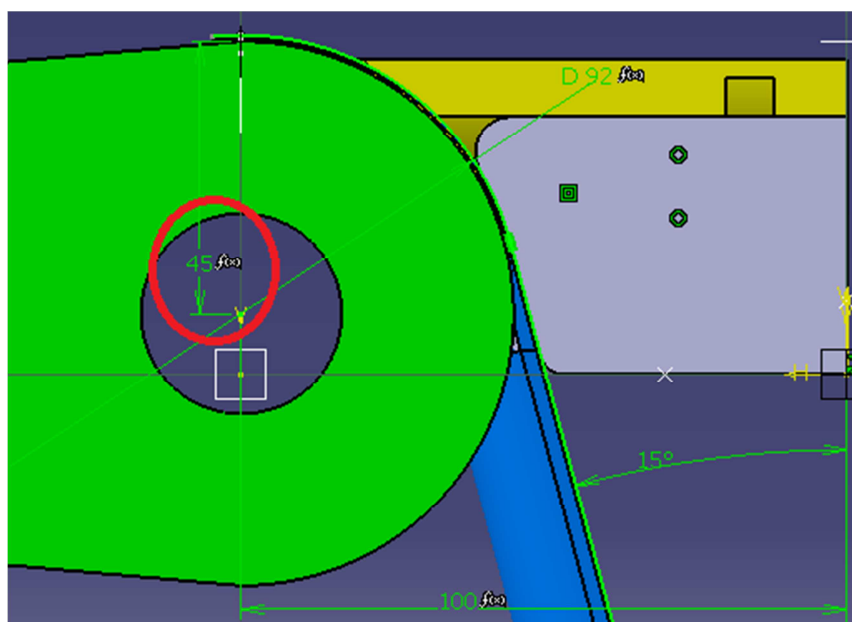
Pomocná plocha modré barvy je totožná s povrchem ohýbací hlavy a pomocná plocha žluté barvy je totožná s povrchem vyhlazovače.

Parametr „zaoblení rohů“ udává velikost rádiusu, který je na součásti zhotoven kvůli bezpečnosti, aby se snížilo riziko poranění obsluhy při manipulaci se součástí. V místě rádiusu vznikala totiž velmi ostrá hrana.

Parametr „délka“ (obrázek 2-15) udává délku vytažení základního tvaru daného parametry „šířka“ a „výška“ (obrázek 2-14).

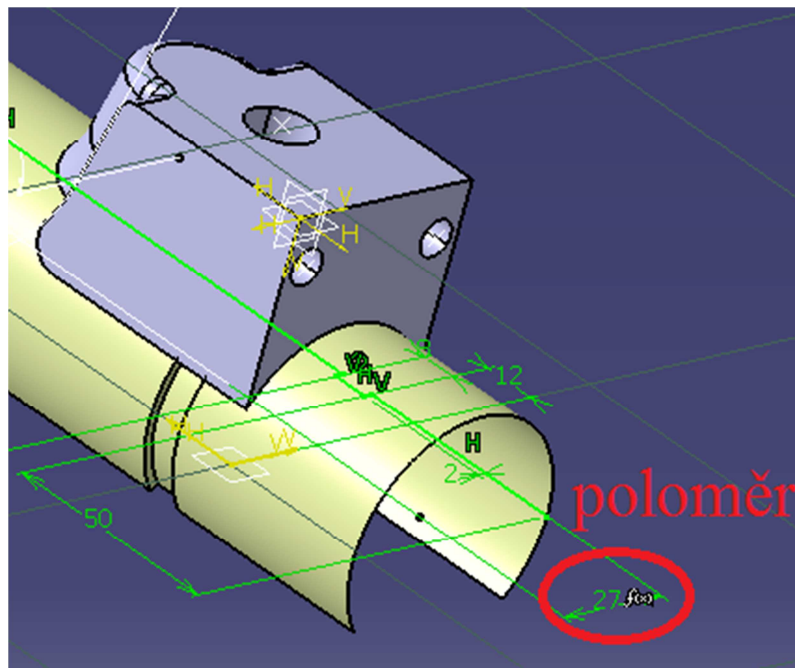


2-15 Zakótování parametrů „R“, „délka“ a „zaoblení rohů“



2-16 Zakótování parametru „R“

Parametr „poloměr“ (obrázek 2-17) udává velikost poloměru pomocné plochy.



2-17 Zakótování parametru „poloměr“

2.3 Popis postupu parametrizace

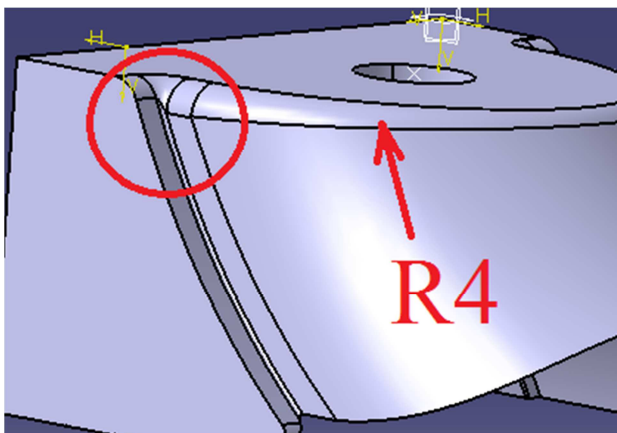
2.3.1 Popis tvorby parametrického modelu

- Vytvořili jsme si obecný 3D model.
- Vytvořili jsme si tabulku parametrů (viz kapitola 2.1.2.3).
- Vytvořili jsme si vazby mezi parametry v Catii a tabulkou (viz kapitola 2.1.2.3).
- Vytvořili jsme si vzorce u všech rozměrů, které mají matematickou závislost na parametrech a jiných rozměrech.

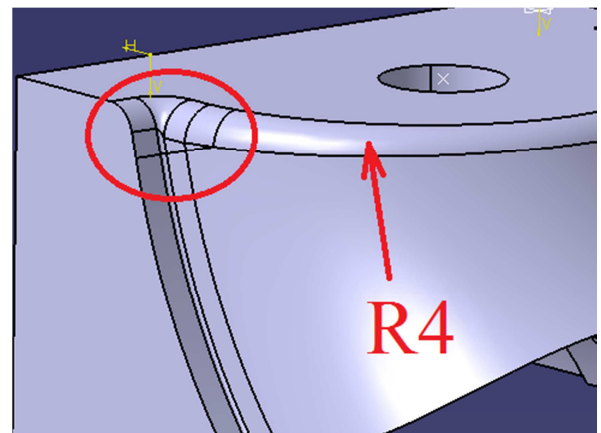
2.3.1.1 Potíže při parametrizaci modelu

Tvar pomocné plochy, podle níž byl proveden řez, je vytažen podle křivky, která je tvořena přímkou a rádiusem. Mohou tak nastat tři možnosti, jak rádiusová plocha vzniká:

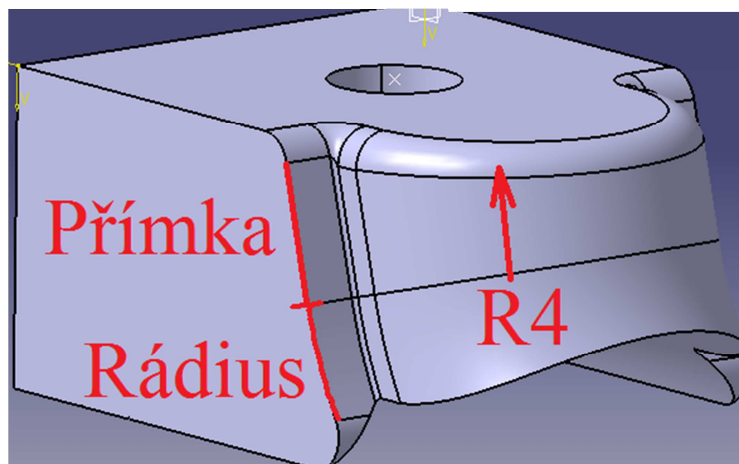
- Rádiusová plocha je tvořena jen oříznutím částí pomocné plochy, která je vytažena podél rádiusu. (viz obrázek 2-18)
- Část rádiusové plochy je vytvořena oříznutím částí pomocné plochy, která je vytažena podél rádiusu, a malou částí, která je vytažena podle přímky. (viz obrázek 2-19)
- Část rádiusové plochy je vytvořena oříznutím částí pomocné plochy, která je vytažena podél rádiusu, a větší částí, která je vytažena podle přímky. (viz obrázek 2-20)



2-19 Typ vzniku rádiusové plochy (a)



2-18 Typ vzniku rádiusové plochy (b)



2-20 Typ vzniku rádiusové plochy (c)

Díky tomu, že při každé z těchto možností se vzniklá rádiusová plocha skládá z jiných ploch, byl problém při vytváření rádiusu R4, protože při každé z možností vzniká rádius mezi jinými plochami. Bylo potřeba zjistit, za jakých podmínek platí jaká z možností. Bylo zjištěno, že mezi jednotlivými možnostmi existuje matematický vztah a tak vznikly tři vzorce. Podle toho, který ze vzorců platil, tak podle toho byla aktivována jedna z možností vzniku rádiusu R4. Jsou to vzorce:

- „Vyska modelu“ - 3. Zakladni tvar - sirka - 6. Polomer pomocne plochy $2 \cdot R^2 + 2 \cdot R \cdot 1.5 + 1.1/2 D^2 - 1 \text{mm} < 65 \text{mm}$ and $R < 80 \text{mm}$ and 5. Zakladni tvar - delka $= 100 \text{mm}$
- „Výška modelu“ - 3. Zakladni tvar - sirka - 2. $R + 6$. Polomer pomocne plochy $2 \cdot R^2 + 4 + 2 \text{mm} < 66 \text{mm}$ and $R > 60 \text{mm}$ and 5. Zakladni tvar - delka $= 100 \text{mm}$
5. Zakladni tvar - delka $> 100 \text{mm}$

2.3.2 Popis parametrizace technologie výroby

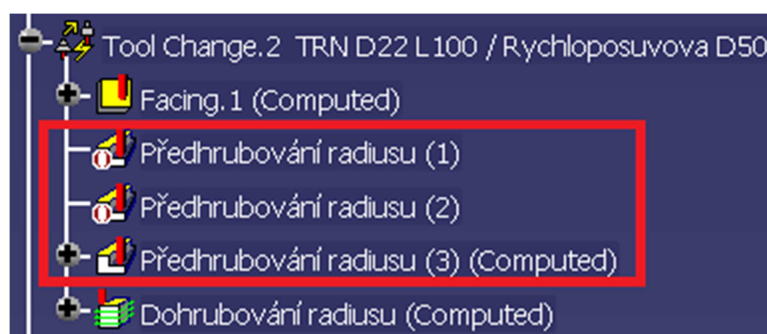
Velikost součástí u jednotlivých variant se příliš nemění, což je pro parametrizaci technologie výroby výhodné, a proto byl postup následující:

- Vytvořili jsme si technologie výroby pro jednu variantu.
- U polotovaru jsme vytvořili vazby mezi parametry v Catii a tabulkou (viz kapitola 2.1.2.3)
- Vytvořili jsme si vzorce, které aktivovali a deaktivovali některé funkce při obrábění problémových ploch (viz kapitola 2.3.1.1 Potíže při parametrizaci modelu)

Ad c)

Při obrábění ploch popisovaných v kapitole 2.3.1.1 *Potíže při parametrizaci modelu*, bylo třeba využít vzorců vzniklých při parametrizaci modelu, abychom aktivovali/deaktivovali funkce pro obrábění těchto ploch. Týká se to funkcí:

- Profile Contouring při předhrubování rádiusu (obrázek 2-21) (první strana - operační úsek č. 2)
- Profile Contouring při frézování boků rádiusové plochy (první strana - operační úsek č. 8)
- Isoparametric Machining při dokončování rádiusu (první strana - operační úsek č. 10)
- Contour-driven při dokončování rohů (první strana - operační úsek č. 11)



2-21 Aktivované/deaktivované funkce Profile Contouring pro předhrubování rádiusu

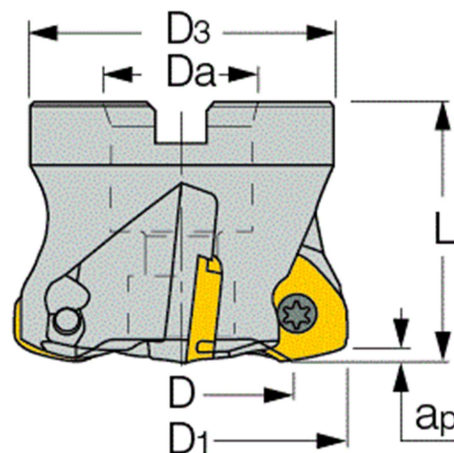
3 Návrh technologie výroby

Při návrhu nové, efektivnější technologie výroby jsme se zaměřili především na snížení strojních časů.

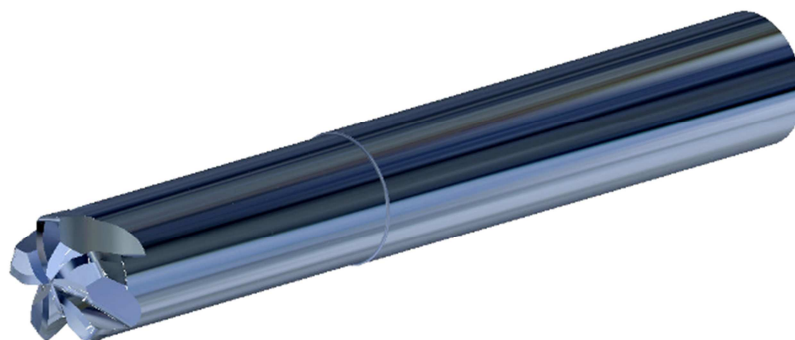
Při návrhu jakékoliv výrobní technologie musíme začít výběrem vhodného stroje. V našem případě je pro výrobu vhodný pětiosý stroj DMU 65 monoBLOCK, a proto i při novém návrhu technologie výroby budeme počítat s výrobou dílu na stroji DMU 65 monoBLOCK.

Dále je třeba se zamyslet nad způsobem upínání. Naše součást není nijak tvarově složitá, obrábí se ze všech stran a již nyní ji obrábíme jen ve dvou polohách, takže ani nižší počet upínání by nám žádný přípravek nepřinesl. Součást má vhodné plochy pro upnutí ve strojním svěráku, takže i způsob upínání ponecháme a také u nové technologie výroby použijeme strojní svěrák Hilma 120.

V návrhu nové technologie se tedy zaměříme na obrábění a volbu efektivnějších nástrojů. V našem případě z každé plochy odebíráme pouze malé objemy materiálu, a proto jsme se při volbě nástrojů zaměřili na rychloposuvové frézy, které při velkých posuvech odebírají malé tloušťky materiálů.



3-1 Rychloposuvová fréza s VBD



3-2 Monolitní rychloposuvová fréza

3.1 Použité vybavení

3.1.1 Nástroje a řezné podmínky

3.1.1.1 Rychloposuvová D50

Jde o čelní pětizubou rychloposuvovou frézu o průměru 50 mm od firmy Iscar. Fréza má označení FF FW D50-22-06-C je osazena pěti výměnnými břitovými destičkami, jejichž označení je FF WOMT 09T320T. Destičky mají povlak TiAlN typu PVD.

Tato fréza se používá pro obrábění první i druhé strany. Na první straně se s ní obrábí horní čelo (operační úsek 1) a hrubuje rádius (operační úsek 2 a 3). Z druhé strany se s touto frézou opět přerovná horní čelo, vyhrubuje se rádius z obou stran pera a načisto obrobí horní plocha pera.

Fréza se upíná na trn D22 L100. Katalogové označení je DIN69871 40 SEM22X100 C Délka tohoto trnu je 100mm a tato délka se volí především kvůli bezpečnému přístupu k rádiusu z druhé strany při frézování rádiusu v operačním úseku 3.



3-4 Rychloposuvová fréza D50

Řezné podmínky pro hrubování

Řezná rychlost: 250m/min

Posuv na zub: 1 mm/zub

Řezné podmínky pro dokončování

Řezná rychlost: 250m/min

Posuv na zub: 0,7 mm/zub



3-3 Upínací trn



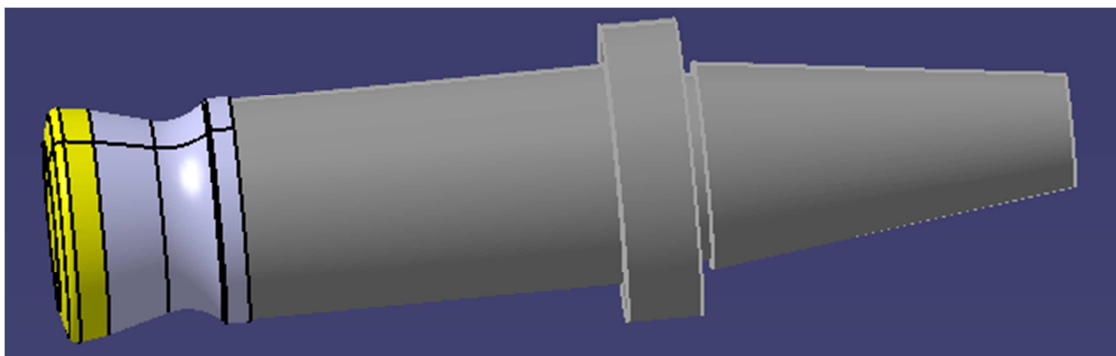
3-5 použité VBD

Doporučené řezné podmínky [13]

Použité VBD: FF WOMT 09T320T

Řezná rychlost: 200 - 260m/min

Posuv na zub: 0,7 - 1,5 mm/zub



3-6 Rychloposuvová fréza D50 včetně trnu

3.1.1.2 Fr D63 r0.8 z9 Iscar

Jde o čelní válcovou devítizubou frézu o průměru 63 mm od firmy Iscar. Fréza má označení H490 F90AX D063-9-22-09 a je osazena devíti výměnnými břitovými destičkami, jejichž označení je H490 ANKX 090408PNTR IC5400 - 5606022. Jedná se o obdélníkové destičky se čtyřmi řeznými hranami. Destičky mají povlak TiCN+Al₂O₃+TiN typu CVD.

Tato fréza se používá pro obrábění u první strany. Pomocí této frézy se obrábí boční stěny v operačním úseku č. 4.

Fréza se upíná na trn D22 L100. Katalogové označení je DIN69871 40 SEM22X100 C. Délka tohoto trnu je 100mm a tato délka se volí především kvůli bezpečnému přístupu při frézování bočních ploch.



3-7 Fréza D63 r0.8 z9 Iscar



3-8 Upínací trn

Řezné podmínky pro hrubování

Řezná rychlost: 280m/min

Posuv na zub: 0,18 mm/zub

Doporučené řezné podmínky [13]

Použité VBD: FF WOMT 09T320T

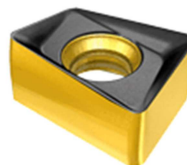
Řezná rychlost: 200 - 280m/min

Posuv na zub: 0,10 - 0,18 mm/zub

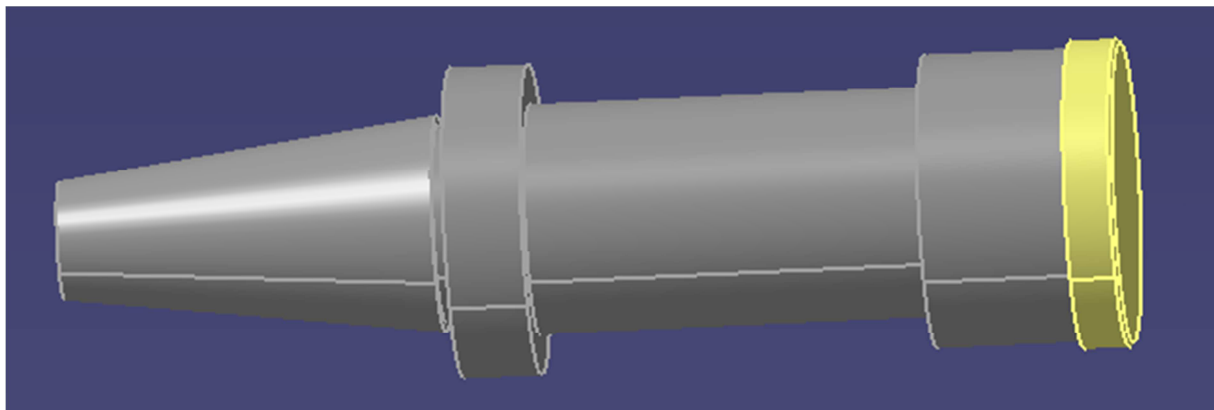
Řezné podmínky pro dokončování

Řezná rychlost: 280m/min

Posuv na zub: 0,14 mm/zub



3-9 použité VBD



3-10 Fréza D63 r0.8 včetně upínacího trnu

3.1.1.3 Vrták CoroDrill 860 D8.5 L45 - 5D

Jedná se o standartní monolitický šroubovitý dvoubřitý karbidový vrták s vnitřním chlazením, se stoupáním šroubovice 26 stupňů a s TiAlN povlakem o průměru 8,5 a délce pracovní části 43,9 mm.

Tento vrták používáme v operačním úseku č. 4, a to pro vrtání díry pro šroub M8 a pro vrtání dvou děr pro závity M10.

Vrták upínáme do kleštiny ER25 a prodlouženého kleštinového upínače s označením DIN69871 SK40/ER25 L100 - FORM AD



3-12 Vrták CoroDrill 860



3-11 Kleština



3-13 Kleštinový upínač

Řezné podmínky

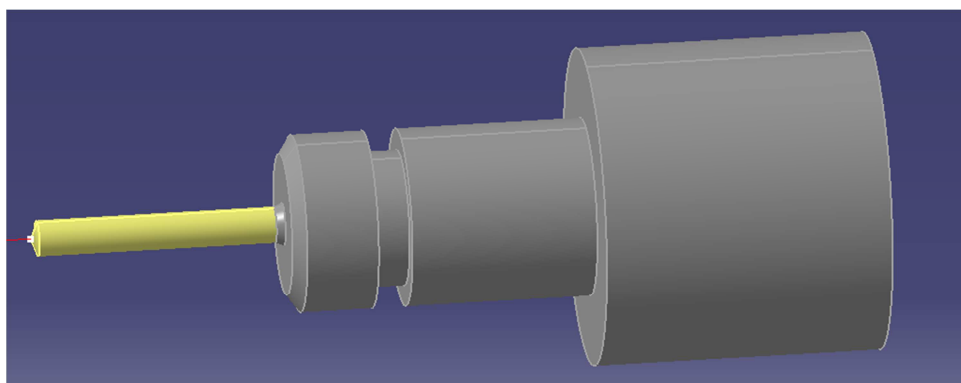
Řezná rychlost: 200m/min

Posuv na zub: 0,11 mm/zub

Doporučené řezné podmínky [10]

Řezná rychlost: 150 - 230 m/min

Posuv na zub: 0,07 - 0,15 mm/zub



3-14 Vrták včetně upínače

3.1.1.4 Srážeč D12x90 (Iscar) - ECF D-5/45-4C12

Doba stažení hran před řezáním závitu u operačního úseku č. 6 je 2,7s. Jelikož hloubka otvoru 18mm nebo délka závitu 15mm není běžná u nástrojů, jejichž součástí je srážeč, museli bychom vyrobit speciální nástroj, a to se pro sražení dvou hran nevyplatí, a proto použijeme stejný srážeč D12x90 (Iscar) - ECF D-5/45-4C12, jako jsme použili u původní technologie (viz str. 19).

3.1.1.5 Fréza závitová

Jedná se o závitovou frézu s TiAlN povlakem. Katalogové označení je MTEC 0807C17 1.5ISO.

Tuto závitovou frézu používáme pro frézování dvou závitů M10 se stoupáním 1,5mm s hloubkou 15mm v operačním úseku č. 5.

Závitník upínáme do kleštiny ER25 a prodlouženého kleštinového upínače s označením DIN69871 SK40/ER25 L100 - FORM AD



3-15 Závitová fréza



3-16 Kleštinový upínač



3-17 Kleština

Řezné podmínky

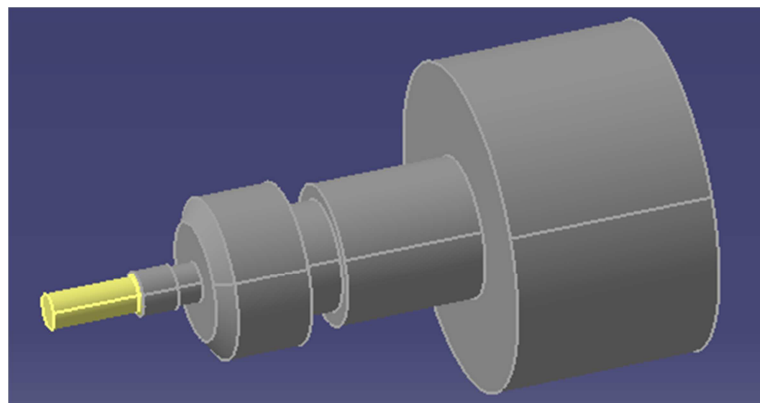
Řezná rychlost: 150 m/min

Posuv: 0,06 mm/zub

Doporučené řezné podmínky [13]

Řezná rychlost: 100 – 175 m/min

Posuv: 0,05 - 0,10 mm/zub



3-18 Závitová fréza včetně upínače

3.1.1.6 Rychloposuvová D6

Jedná se o monolitní karbidovou pětibřítou rychloposuvovou frézu s TiAlN povlakem o průměru 6mm a délce řezné části 2,5mm.

Tuto používáme při obrábění první strany, v operaci č. 8 k dokončení rádiusové plochy.

Rychloposuvovou frézu D6 upínáme do polygonálního upínače Tribos od firmy Schunk - typ použitého provedení je Tribos-S.

Řezné podmínky pro dokončování

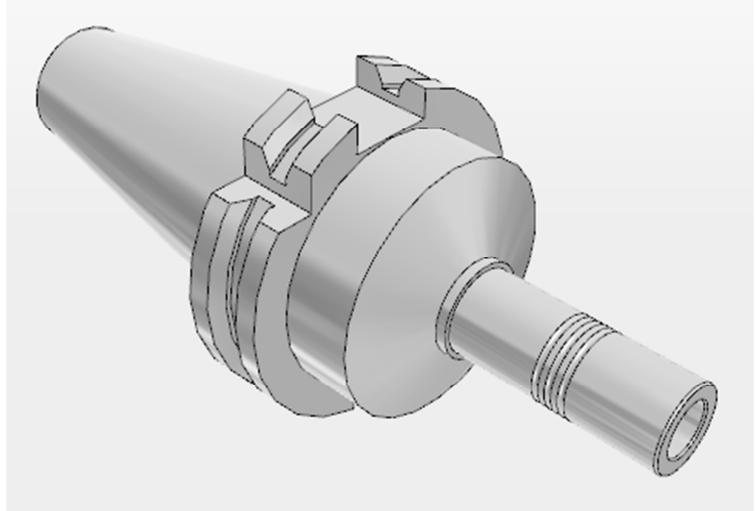
Řezná rychlost: 180 m/min

Posuv na zub: 0,2 mm/zub

Řezné podmínky pro hrubování

Řezná rychlost: 180 m/min

Posuv na zub: 0,45 mm/zub

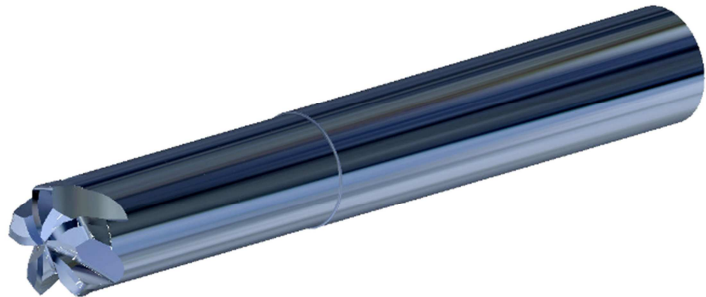


3-19 Upínač Tribos-S

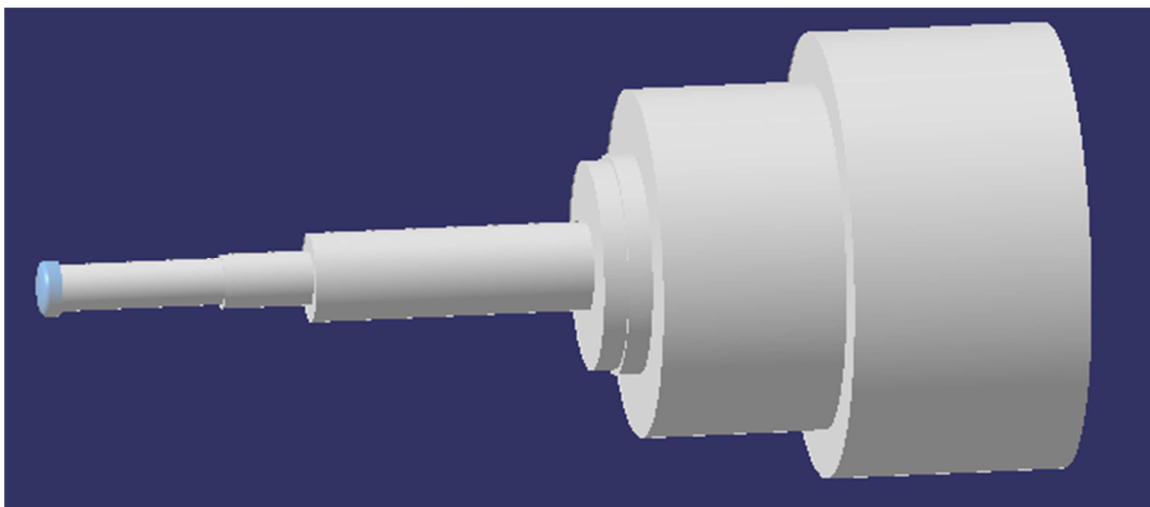
Doporučené řezné podmínky [14]

Řezná rychlost: 100 – 180 m/min

Posuv na zub: 0,45 mm/zub



3-20 Rychloposuvová fréza D6



3-21 Rychloposuvová D6 včetně upínače

3.1.1.7 FR D40 r0.8 z6 (Iscar) H490 F90AX-09

Jde o čelní válcovou šestizubou frézu o průměru 40mm od firmy Iscar. Fréza má označení H490 F90AX D040-6-16-09 je osazena šesti výměnnými břitovými destičkami, jejichž označení je H490 ANKX 090408PNTR IC5400 - 5606022. Jedná se o obdélníkové destičky se čtyřmi řeznými hranami. Destičky mají povlak TiCN+Al₂O₃+TiN typu CVD.

Tato fréza se používá pro obrábění u druhé strany. Pomocí této frézy se dokončuje rádius u operačního úseku č. 4.

Fréza se upíná na trn D16 L100. Katalogové označení je DIN69871 40 SEM16X100 C. Délka tohoto trnu je 100mm a tato délka se volí především kvůli bezpečnému přístupu při frézování rádiusů u delších variant.



3-22 Fréza D40 r0.8 z6 (Iscar)



3-23 Upínací trn

Řezné podmínky pro hrubování

Řezná rychlost: 280 m/min

Posuv na zub: 0,18 mm/zub

Řezné podmínky pro dokončování

Řezná rychlost: 280 m/min

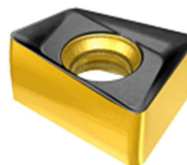
Posuv na zub: 0,14 mm/zub

Doporučené řezné podmínky [13]

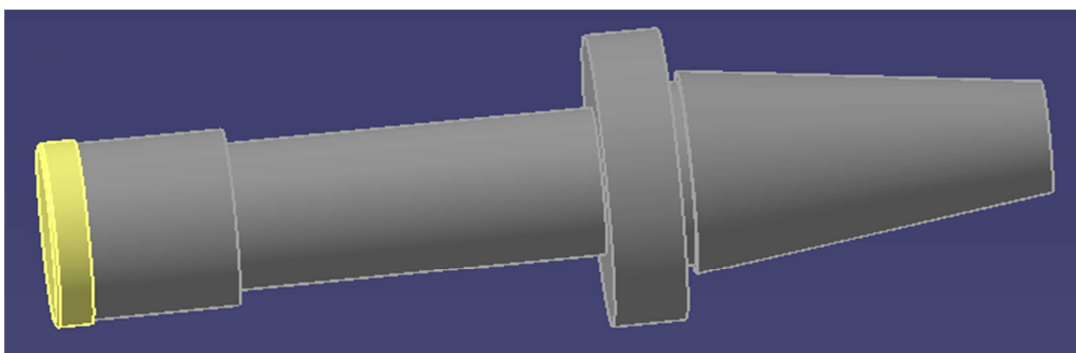
Použité VBD: FF WOMT 09T320T

Řezná rychlost: 200 – 280 m/min

Posuv na zub: 0,10 - 0,18 mm/zub



3-24 použité VBD



3-25 Fréza D40 včetně upínacího trnu

3.1.1.8 Fréza kulová D2 OSG FX-LN-EBD-6

Pro odebrání zbytkového materiálu v rozích (první strana, operační úsek 11) je nejlepší použít malou kulovou frézu, a proto jsme i při návrhu nové technologie použili stejnou kulovou frézu jako v původní technologii (viz strana 19).

3.1.1.9 Fr D12 r0.2 L26 z4 - SEH 422825 - D12x80

Pro dohotovení boků rádiusů a pro zhotovení zahloubení pro šroub (první strana, operační úsek 8 a 9) je třeba použít frézu, která má malé zaoblení rohů, a proto na tyto operační úseky nelze použít rychloposuvovou frézu. Použijeme tedy stejnou frézu o průměru 12mm jako v původní technologii. (viz strana 23)

3.1.2 Použitý obráběcí stroj a upínací prvky

Jak již bylo zmíněno, tak při návrhu technologie bylo uvažováno se stejným strojem (DMU 65 monoBLOCK) jako u původní technologie a i k upínání byl použit stejný strojní svěrák Hilma SCS120 (viz strana 23-24).

3.2 Popis nově navržené technologie

Technologie výroby je u všech variant shodná, a abychom zaručili porovnatelnost původní a námi navržené výrobní technologie, jako vzorovou technologii jsme si vybrali opět technologii výroby pro variantu D70 R110

Upínání je shodné s původní technologií, tj.: Polotovaru, který se obrábí na dvě upnutí, se upíná do svěráku. Velikost polotovaru se liší dle rozměrů jednotlivých varianty. Při obrábění z první strany je polotovaru pokaždé upnut v zoubku čelistí svěráku, který má hloubku 3mm. Pro upnutí při obrábění z druhé strany se pro všechny varianty použijí podložky o výšce 60mm.

3.2.1 První strana

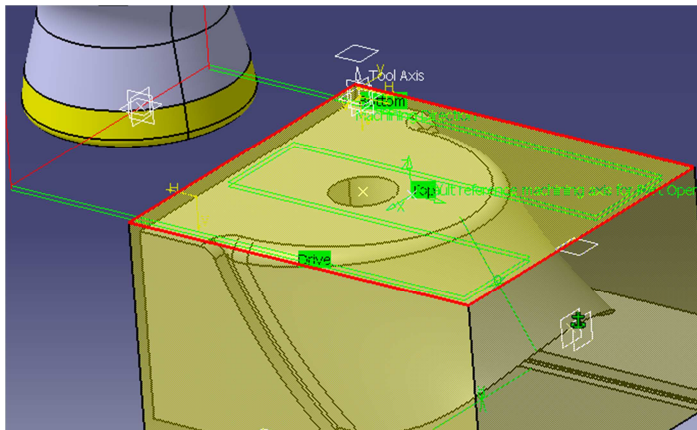
3.2.1.1 Operační úsek číslo 1 – přerovnění čela

Jako první úsek se pouze přerovná čelo polotovaru. K přerovnění čela se použije funkce *Facing*. Jako nástroj byla pro tento úsek použita fréza Rychloposuvová D50, upnutá na trnu D22 L100.

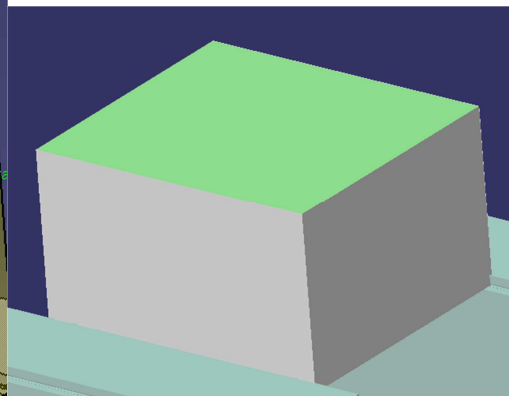
$$a_p = 1 \text{ mm}$$

$$a_e = 25 \text{ mm}$$

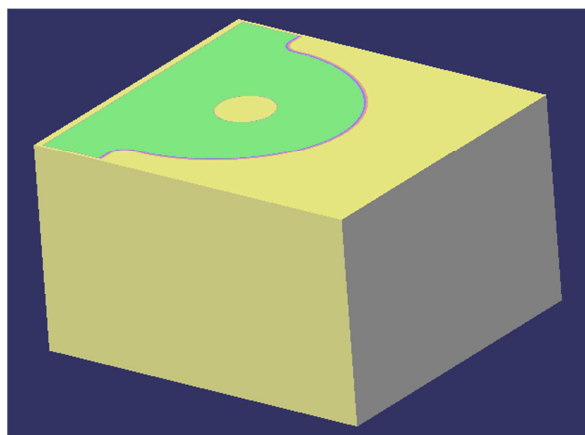
čas řezu: 00:06,894s
celkový čas: 00:10,396s



3-27 Dráhy nástroje u úseku č. 1



3-26 Tvar součásti po úseku č. 1



3-28 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 1

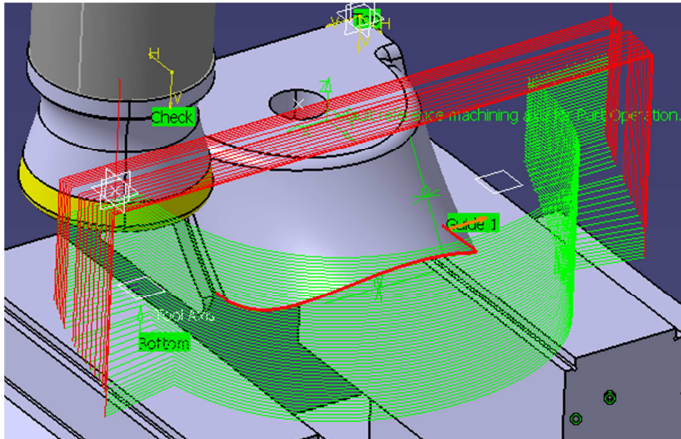
3.2.1.2 Operační úsek číslo 2 – předhrubování rádiusu

V úseku č. 2 se předhrubuje přední část rádiusu. K předhrubování rádiusu se využije funkce *Profile Contouring*. Můžeme použít stejnou pětizubou frézu jako v úseku č. 1 - Rychloposuvová D50.

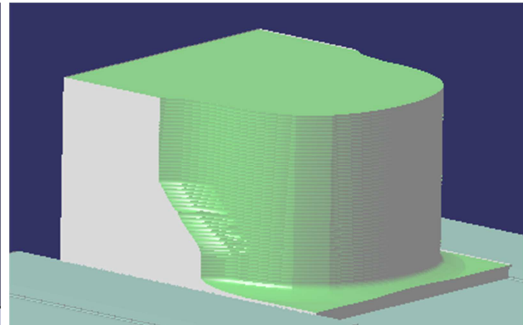
$$a_p = 1\text{ mm}$$

čas řezu: 01:09,768s

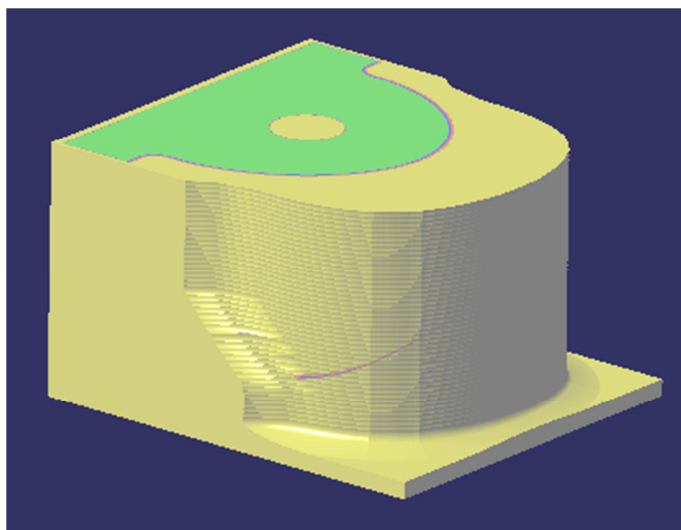
celkový čas: 01:40,547s



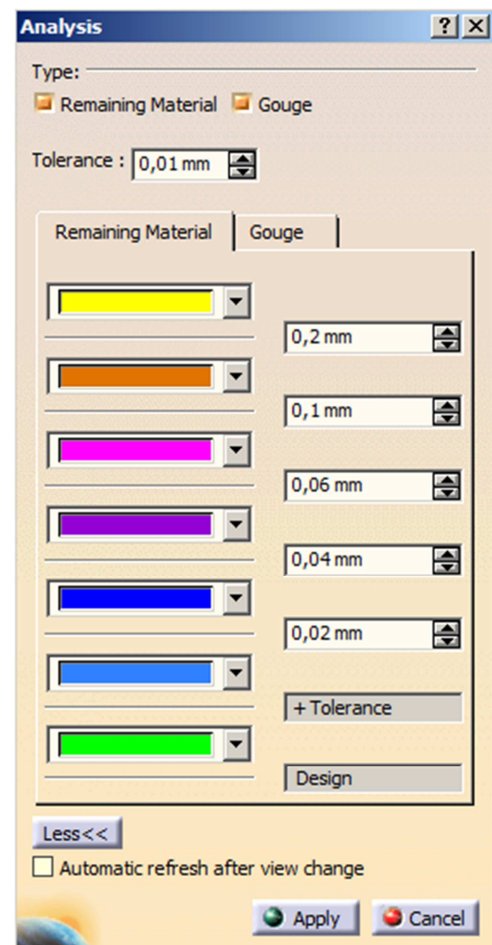
3-30 Dráhy nástroje u úseku č. 2



3-29 Tvar součásti po úseku č. 2



3-32 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 2



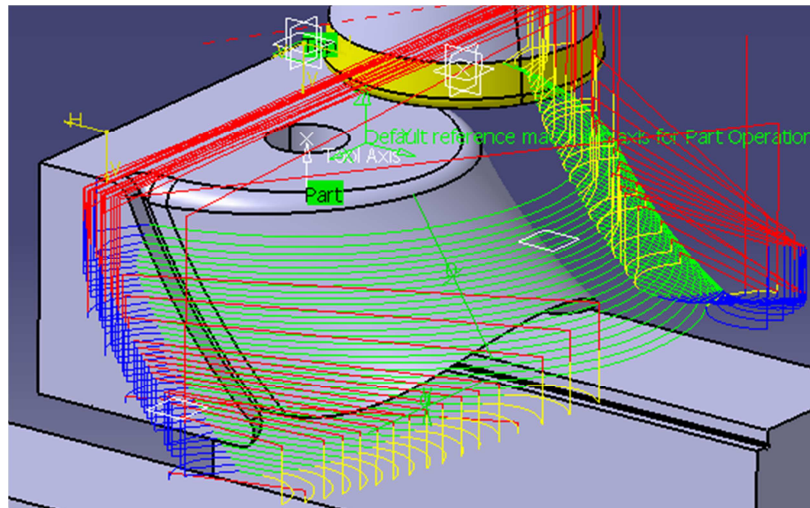
3-31 Barevné rozlišení u analýzy zbytkového materiálu

3.2.1.3 Operační úsek číslo 3 – dohrubování rádiusu

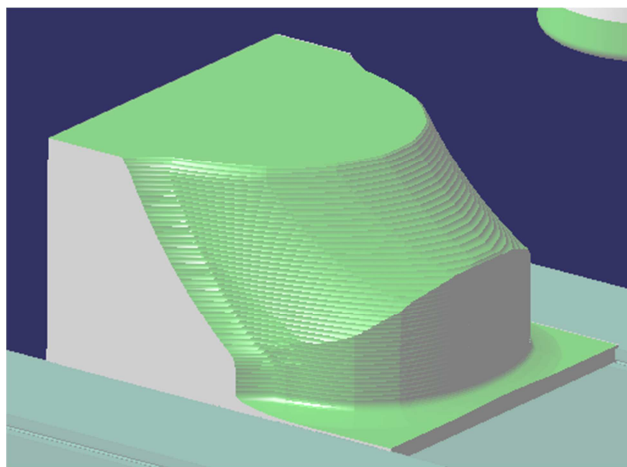
V úseku č. 3 se dohrubuje tvar rádiusu. Pro dohrubování rádiusu se použije funkce *Zlevel*. Opět můžeme použít stejnou pětizubou jako v úseku č. 1 a 2 - Rychloposuvová D50.

čas řezu: 00:38,593s

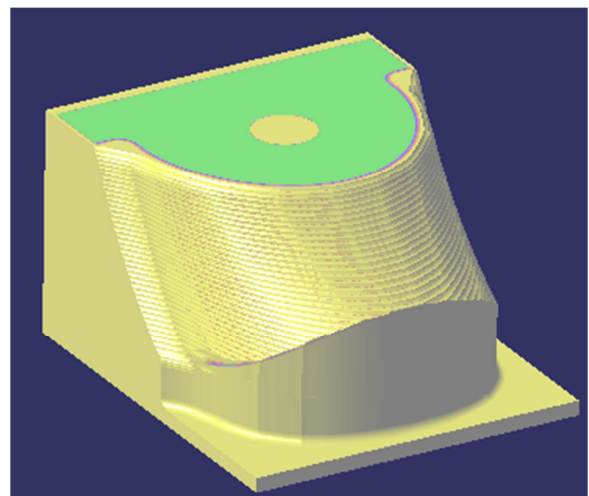
celkový čas: 02:32,894s



3-33 Dráhy nástroje u úseku č. 3



3-34 Tvar součásti po úseku č. 3



3-35 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 3

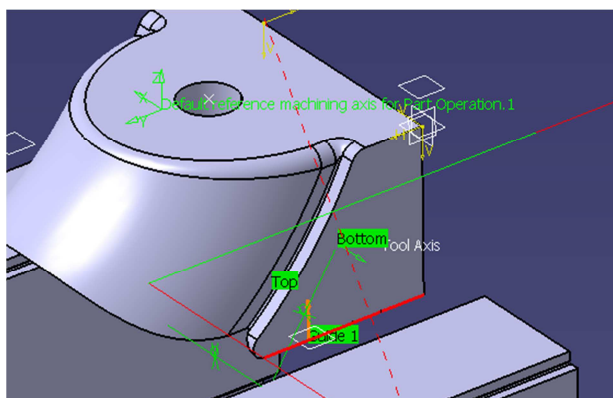
3.2.1.4 Operační úsek číslo 4 – frézování stěn

Ve čtvrtém úseku se obrábí boční stěny polotovaru. K frézování všech bočních stěn se použije funkce *Profile Contouring*. Rychloposuvové frézy nemají ostré rohy, a protože potřebujeme frézovat do rohu co neblíže k čelistem svěráku, zvolili jsme jako nástroj čelní válcovou frézu. Jelikož některé varianty jsou vysoké skoro 50mm a používaná Fr D50 r2 z7 OSG má rádius v rozích 2mm, bylo u některých variant třeba frézovat na více záběrů, a proto jsme nyní pro tento operační úsek zvolili devítizubou 90stupňovou frézu s VBD o průměru 63mm.

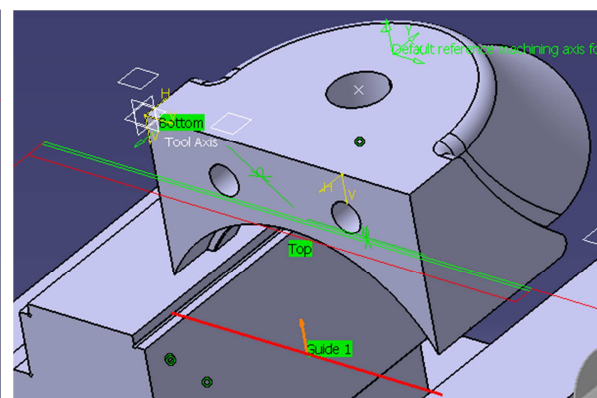
$$a_p = 1\text{mm}$$

$$\text{čas řezu: } 0:01,504 + 0:05,386 + 0:01,504\text{s} = 0:08,394\text{s}$$

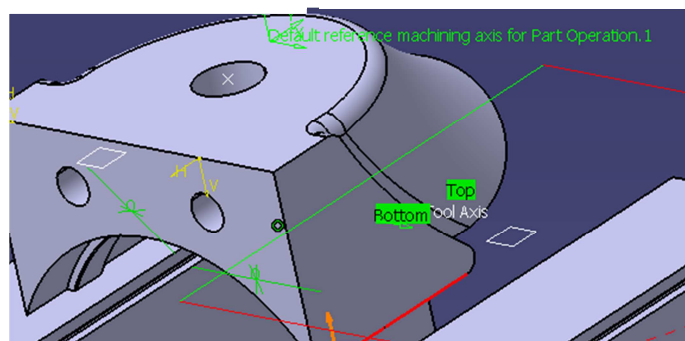
$$\text{celkový čas: } 00:03,833 + 00:10,024 + 00:03,853 = 0:17,715\text{s}$$



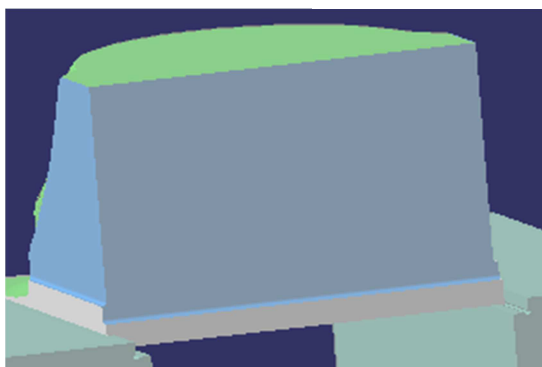
3-37 Dráhy nástroje u úseku č. 4



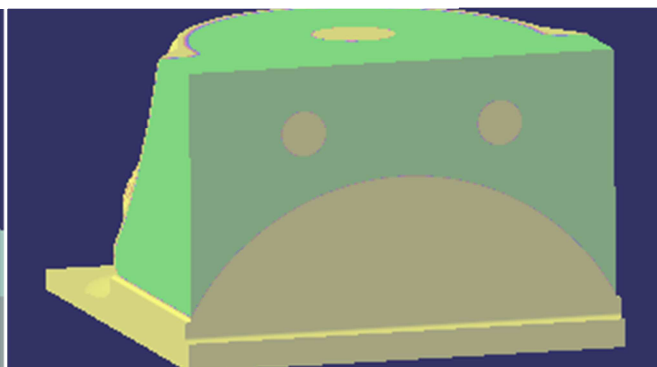
3-36 Dráhy nástroje u úseku č. 4



3-38 Dráhy nástroje u úseku č. 4



3-39 Tvar součásti po úseku č. 4



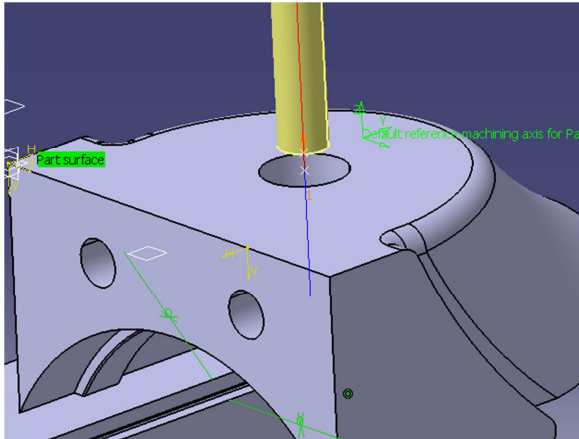
3-40 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 4

3.2.1.5 Operační úsek číslo 5 – vrtání děr průměru 8,5

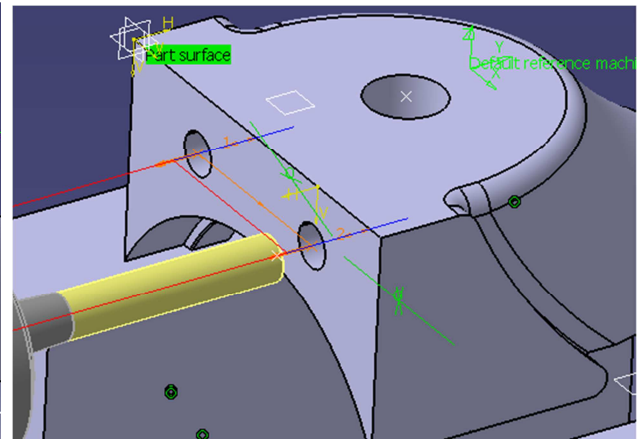
V pátém úseku se zhotoví tři díry o průměru 8,5. K vrtání se použije funkce *Drilling Break Chips*. Jedna díra pro šroub M8 se vrtá v horní ploše, jejíž hloubka je rozdílná dle varianty, a dvě díry hluboké 18mm se vrtají z boku pro závit M10.

čas řezu: $00:02,447 + 00:02,667 = 00:07,033s$

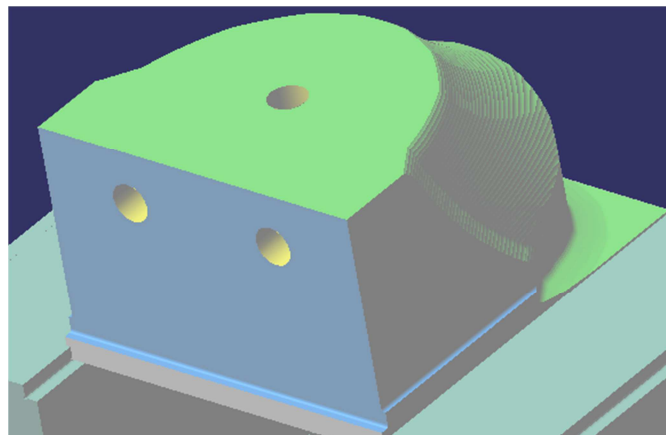
celkový čas: $00:04,586 + 00:04,842 = 00:07,509s$



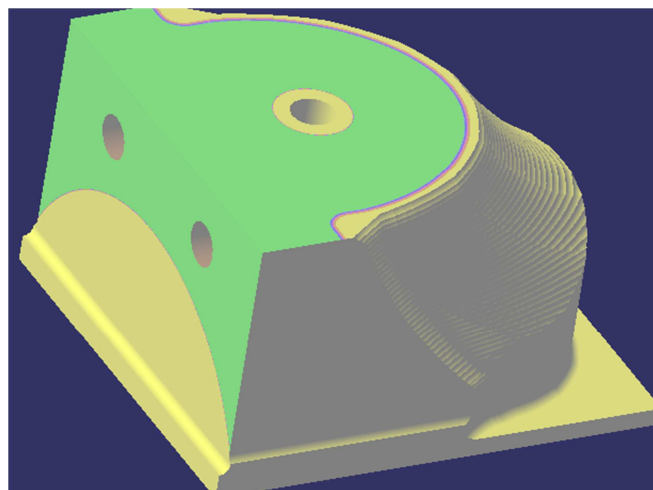
3-42 Dráhy nástroje u úseku č. 5



3-41 Dráhy nástroje u úseku č. 5



3-43 Tvar součásti po úseku č. 5



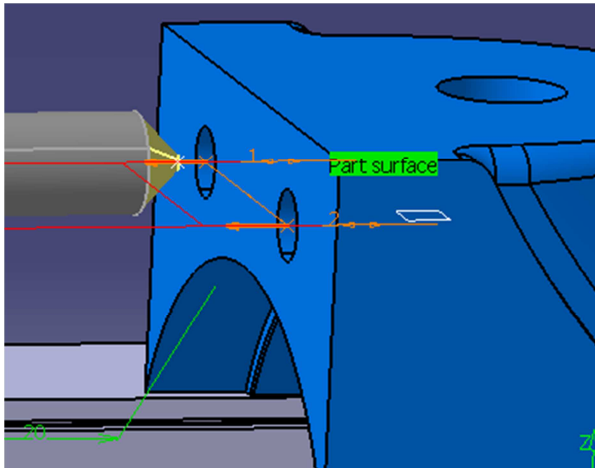
3-44 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 5

3.2.1.6 Operační úsek číslo 6 – sražení hran pro závit

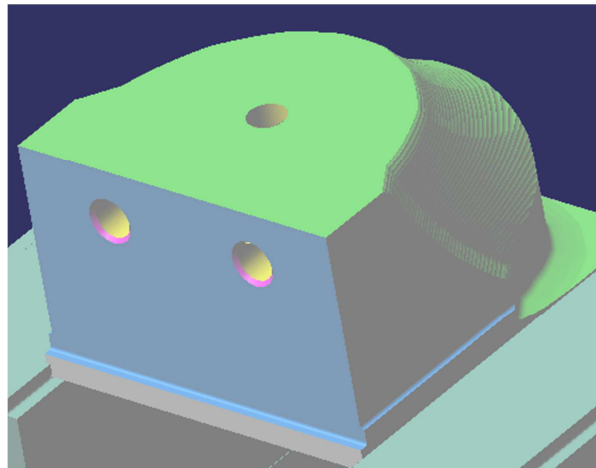
Jako šestý úsek se srazí hrany u obou děr pro závity M10. Hrany se srazí pomocí funkce *Counter Sinking*. Jako nástroj se použije srážecí D12x90 (Iscar) - ECF D-5/45-4C12.

čas řezu: 00:02,807s

celkový čas: 00:03,043s



3-45 Dráhy nástroje u úseku č. 6



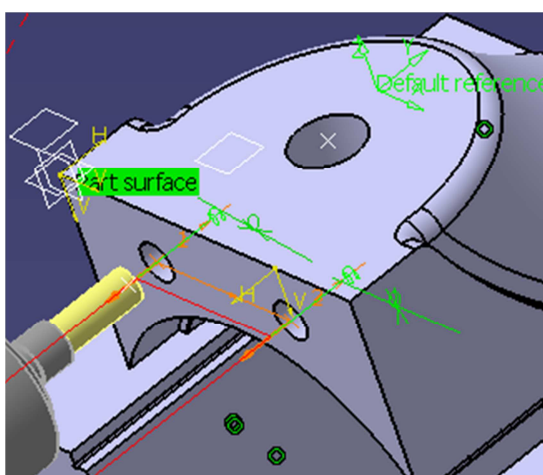
3-46 Tvar součásti po úseku č. 6

3.2.1.7 Operační úsek číslo 7 - frézování závitu

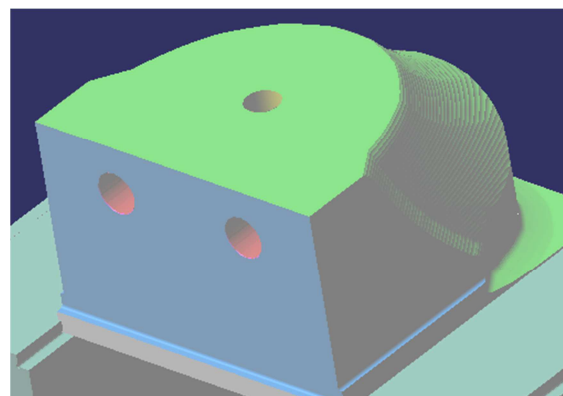
Jako sedmý úsek se zhotoví dva závity M10 do hloubky 15mm. Závit se vyfrézuje závitovou frézou. Pro frézování závitů se použije funkce *Thread Milling*.

čas řezu: 00:08,178s

celkový čas: 00:08,416s



3-47 Dráhy nástroje u úseku č. 7



3-48 Tvar součásti po úseku č. 7

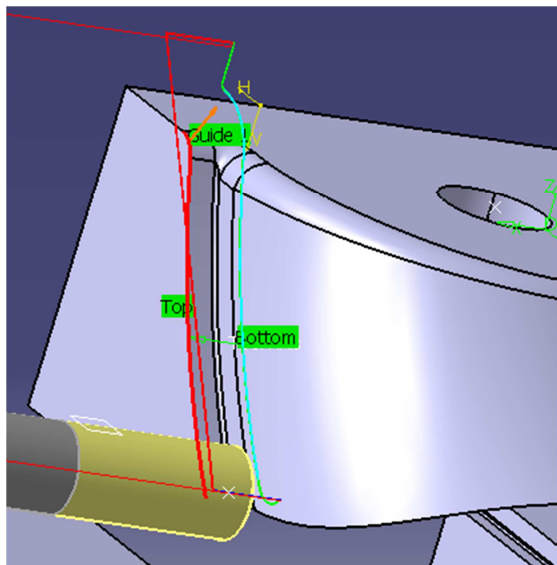
3.2.1.8 Operační úsek číslo 8 - boky rádiusů

V osmém úseku se pomocí čelní válčové frézy s názvem Fr D12 r0.2 L26 z4 - SEH 422825 - D12x80 dohotoví boky rádiusů na obou stranách. K dohotovení boků rádiusů se použije funkce *Profile Contouring*.

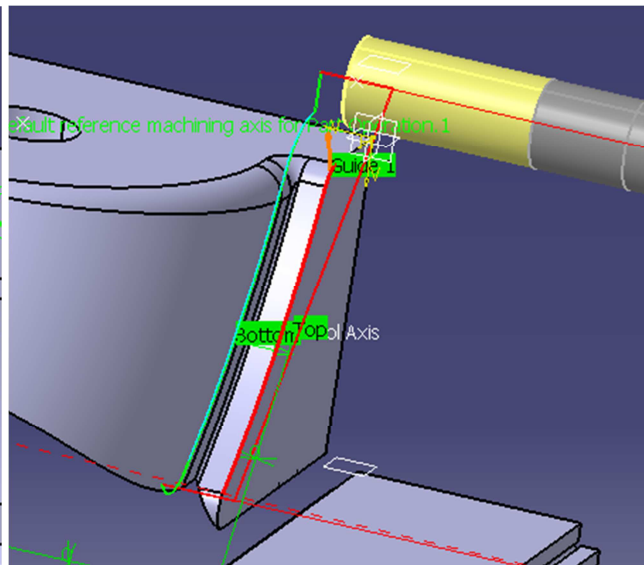
$a_p = 1\text{mm}$

čas řezu: $00:10,240 + 00:10,240 = 00:20:480\text{s}$

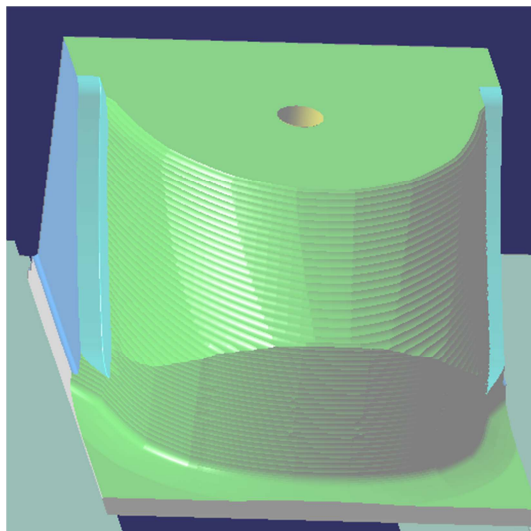
celkový čas: $00:14,151 + 00:15,331 = 00:29,482\text{s}$



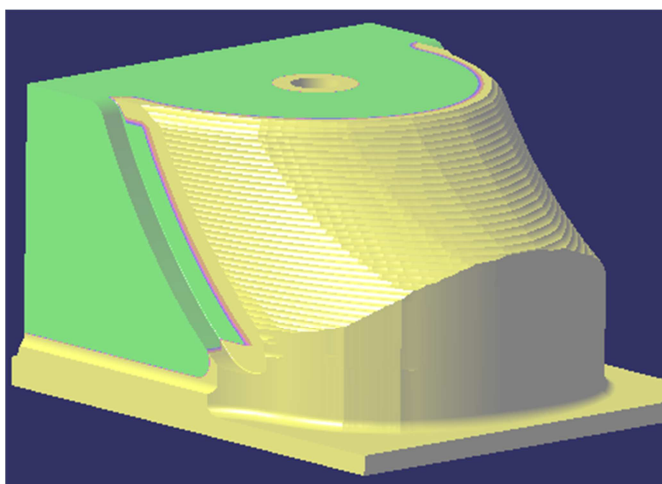
3-50 Dráhy nástroje u úseku č. 8



3-49 Dráhy nástroje u úseku č. 8



3-51 Tvar součásti po úseku č. 8



3-52 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 6

3.2.1.9 Operační úsek číslo 9 - zahloubení pro šroub

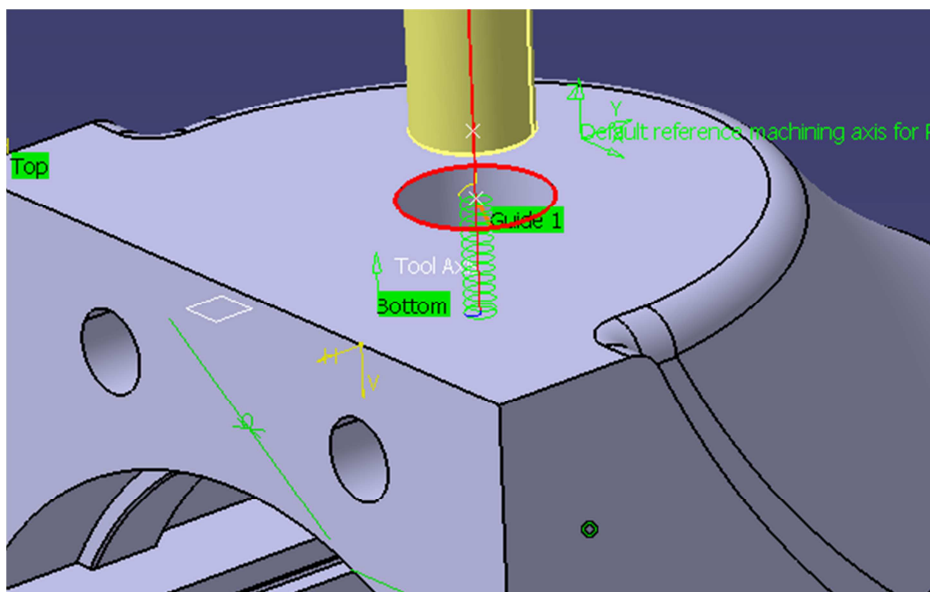
V devátém úseku se stejnou monolitickou čelní válcovou frézou jako v předchozí operaci zhotoví zahloubení pro šroub. Pro zhotovení zahloubení se použije funkce *Profile Contouring*.

Jelikož fréza použitá v předchozí operaci má průměr 12mm, což je méně, než je průměr zahloubení, který má průměr 16mm, je výhodnější použít tuto frézu a zahloubení zhotovit pomocí šroubovicové interpolace než měnit nástroj a použít například válcový záhlubník.

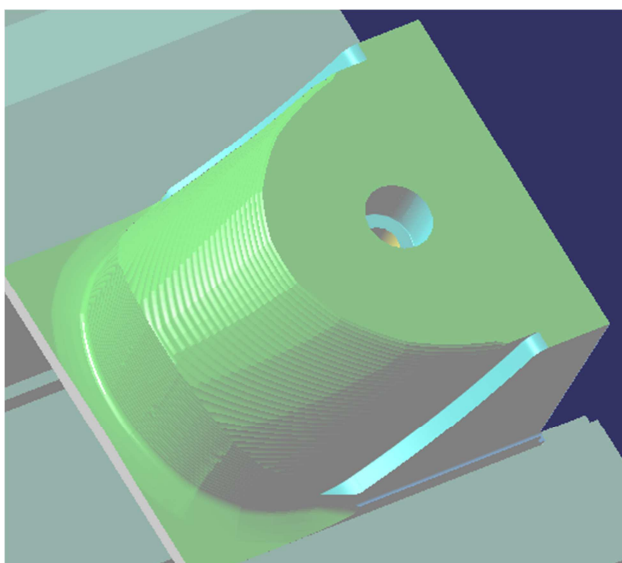
Úhel klesání: 7stůpňů

čas řezu: 00:07:730s

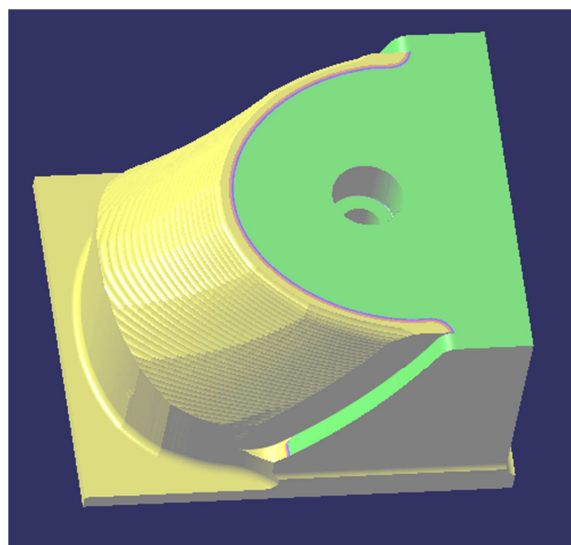
celkový čas: 00:08,350s



3-53 Dráhy nástroje u úseku č. 9



3-54 Tvar součásti po úseku č. 9



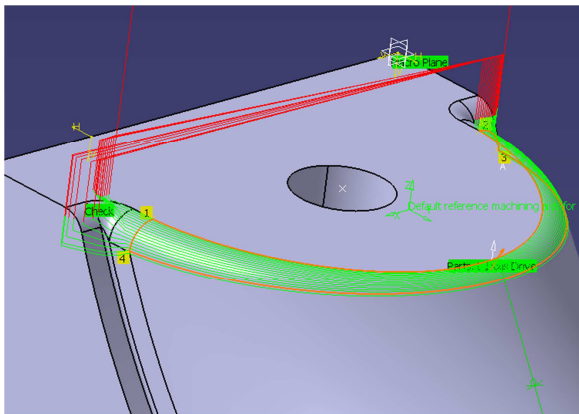
3-55 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 9

3.2.1.10 Operační úsek číslo 10 – dokončení rádiusu

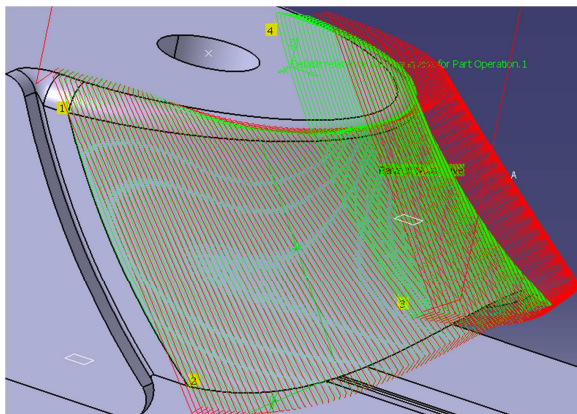
V desátém úseku se rychloposuvovou frézou o průměru 6mm označenou jako Rychloposuvová D6 dokončí rádius. Dokončení rádiusu je realizováno pomocí funkce *Isoparametrical Machining*.

čas řezu: $00:15:137 + 00:35,298 = 00:50,435s$

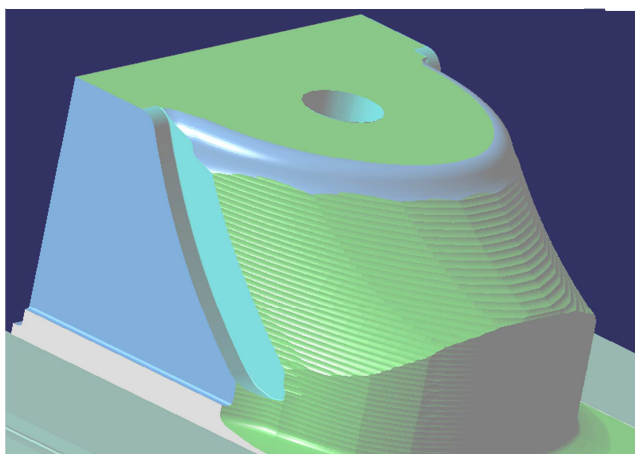
celkový čas: $00:20,694 + 00:50,640 = 01:11,334s$



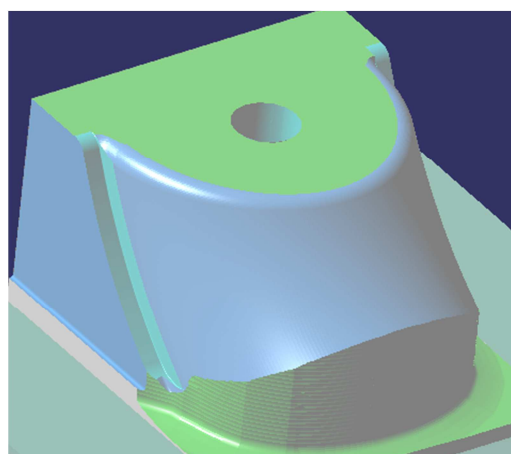
3-57 Dráhy nástroje u úseku č. 10



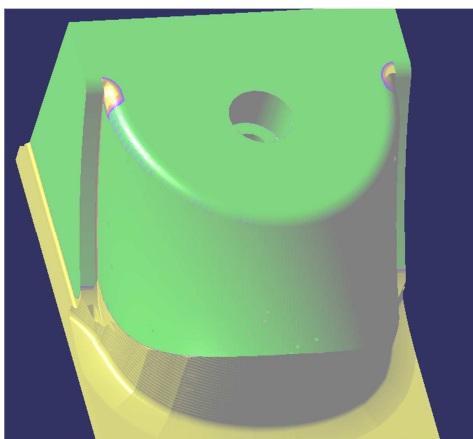
3-56 Dráhy nástroje u úseku č. 10



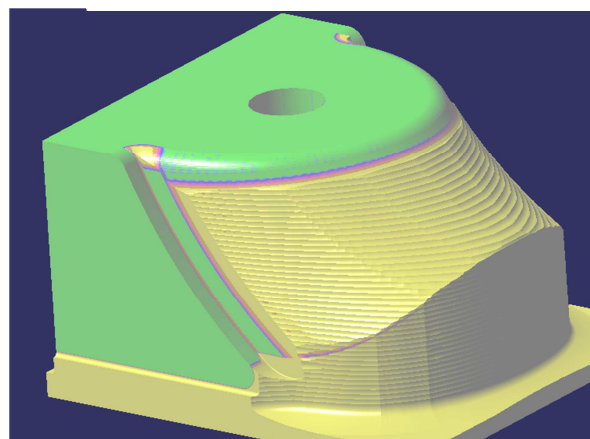
3-59 Tvar součásti po úseku č. 10



3-58 Tvar součásti po úseku č. 10



3-61 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 10



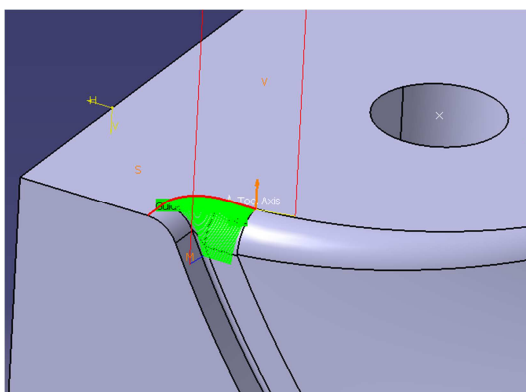
3-60 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 10

3.2.1.11 Operační úsek číslo 11 - odstranění zbytkového materiálu v rozích

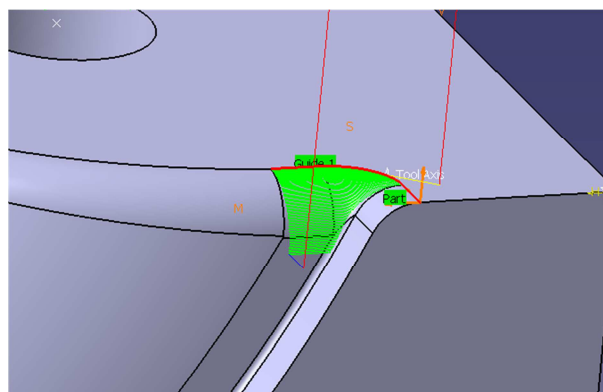
Protože rychloposuvová fréza o průměru 6mm se nedostane do všech rohů, tak v posledním úseku tohoto upnutí se odstraní zbytkový materiál v rozích. Použije se kulová fréza o průměru 2mm označená jako Kul D2 OSG FX-LN-EBD-6. K odstranění zbytkového materiálu se použije funkce *Contour-driven*.

čas řezu: $00:16,108 + 00:16,745 = 00:32,853\text{s}$

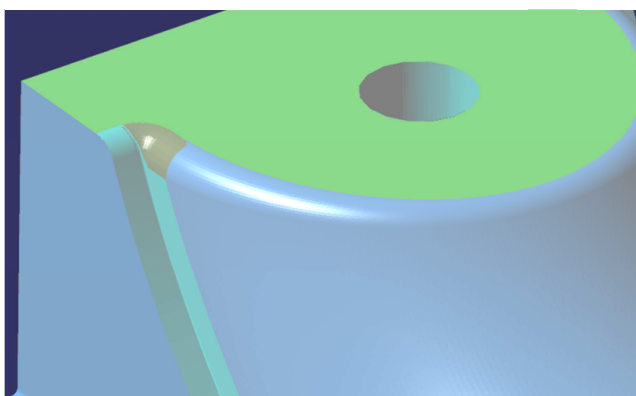
celkový čas: $00:16,551 + 00:17,400 = 00:33,951\text{s}$



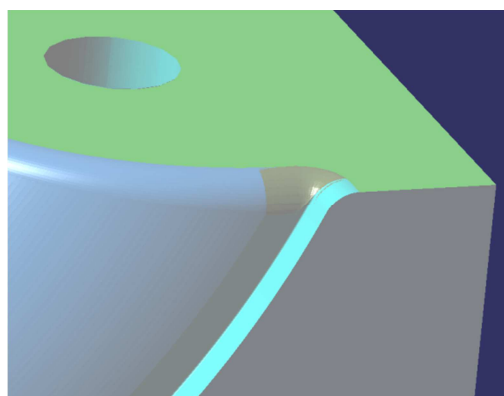
3-63 Dráhy nástroje u úseku č. 11



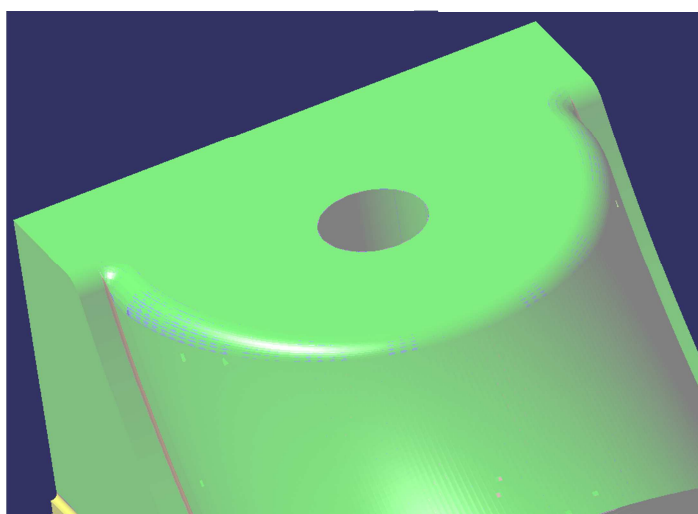
3-62 Dráhy nástroje u úseku č. 11



3-66 Tvar součásti po úseku č. 11



3-65 Tvar součásti po úseku č. 11



3-64 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 11

3.2.2 Druhá strana

3.2.2.1 Operační úsek číslo 1- čelo

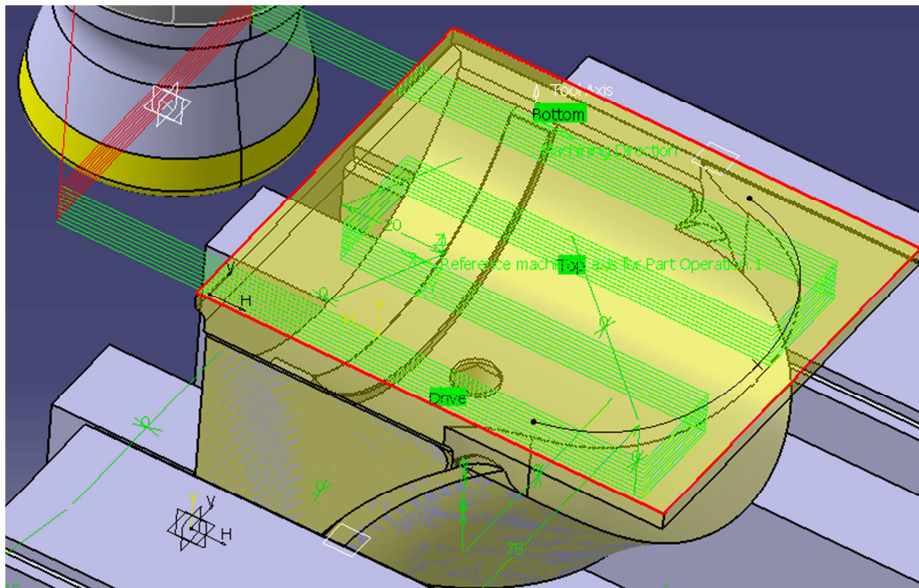
Jako první úsek této strany se opět nejprve přerovná čelo polotovaru. Stejně jako u první strany se pro přerovnání čela použije fréza Rychloposuvová D50 upnutá na trnu D22 L100. Pro přerovnání čela se použije funkce *Facing*.

$$a_p = 1 \text{ mm}$$

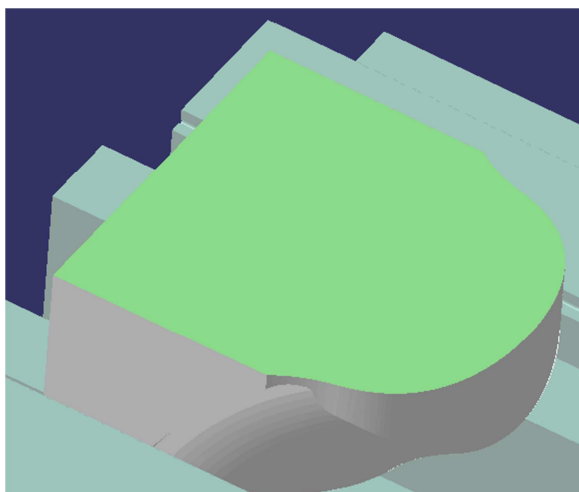
$$a_e = 25 \text{ mm}$$

čas řezu: 00:31,021s

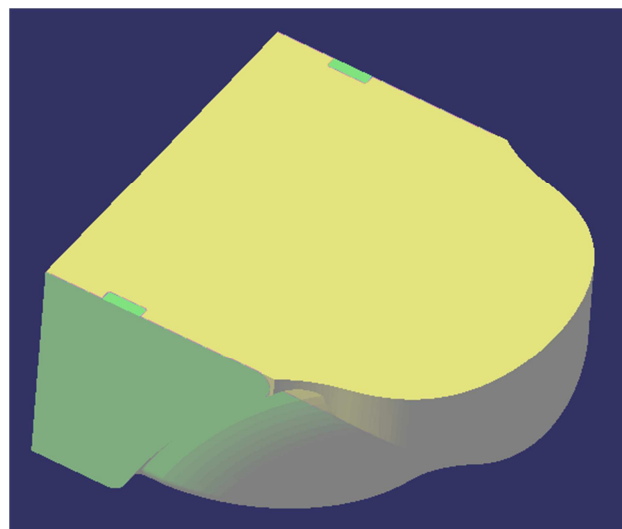
celkový čas: 00:46,849s



3-67 Dráhy nástroje u úseku č. 1



3-69 Tvar součásti po úseku č. 1



3-68 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 1

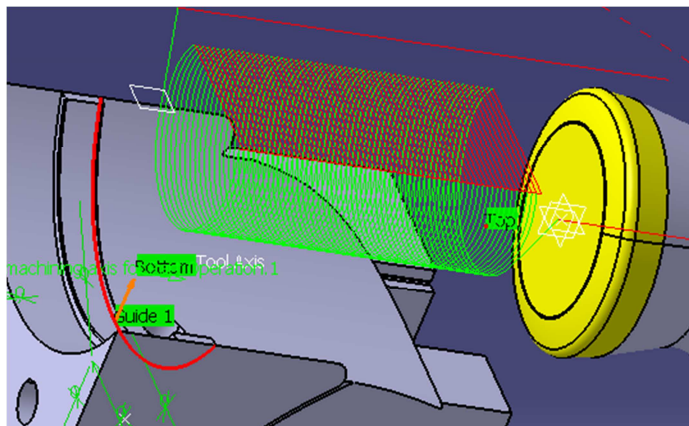
3.2.2.2 Operační úsek číslo 2 – hrubování rádiusů

V tomto úseku se vyhrubují rádiusy pomocí pětizubé rychloposuvové frézy D50, stejné jako u úseku 1. K hrubování se použije funkce *Profile Contouring*.

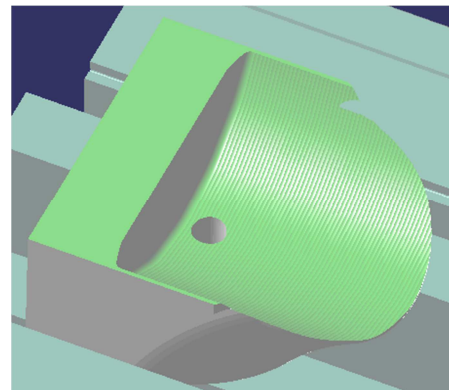
$$a_p = 1\text{mm}$$

$$\text{čas řezu: } 00:19,281 + 00:03,673 = 00:22,954\text{s}$$

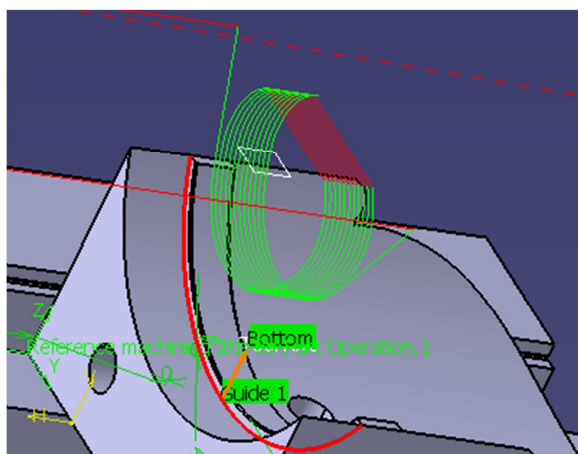
$$\text{celkový čas: } 00:38,412 + 00:08,163 = 00:46,575\text{s}$$



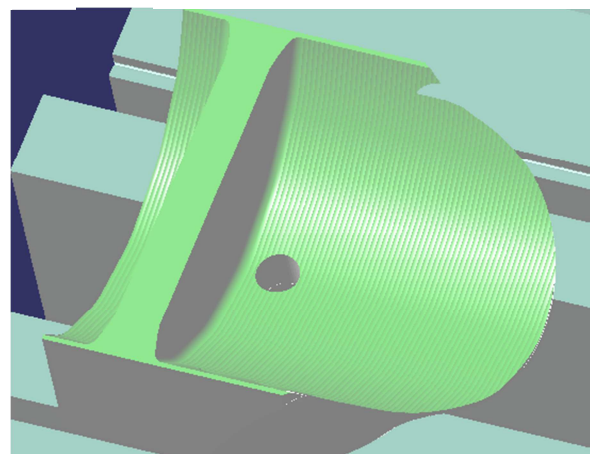
3-70 Dráhy nástroje u úseku č. 2



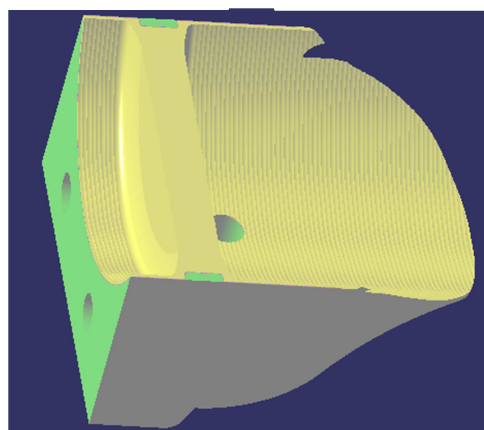
3-72 Tvar součásti po úseku č. 2



3-74 Dráhy nástroje u úseku č. 2



3-73 Tvar součásti po úseku č. 2



3-71 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 2

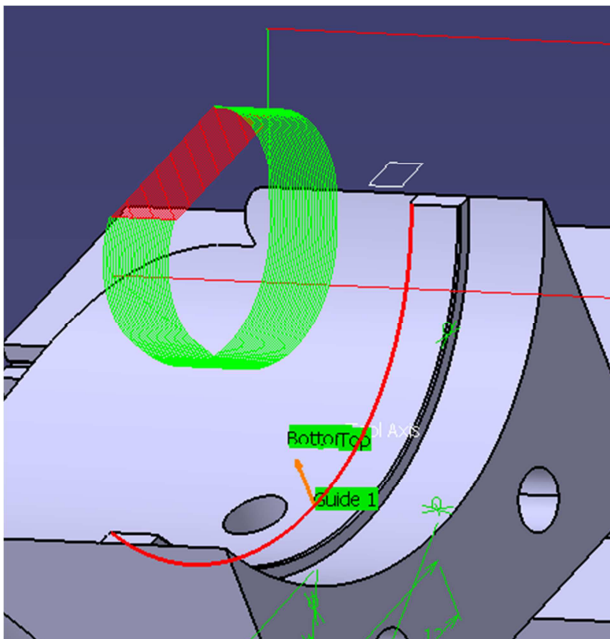
3.2.2.3 Operační úsek číslo 3 – výška pera

V tomto úseku se ofrézuje pero na výšku pomocí pětizubé rychloposuvové frézy D50, stejné jako u úseku 1 a 2. K tomu se využije funkce *Profile Contouring*.

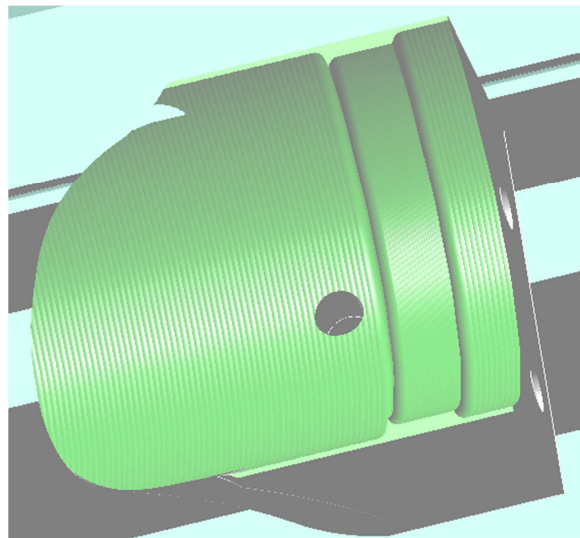
$a_p = 1\text{mm}$

čas řezu: 00:11:001s

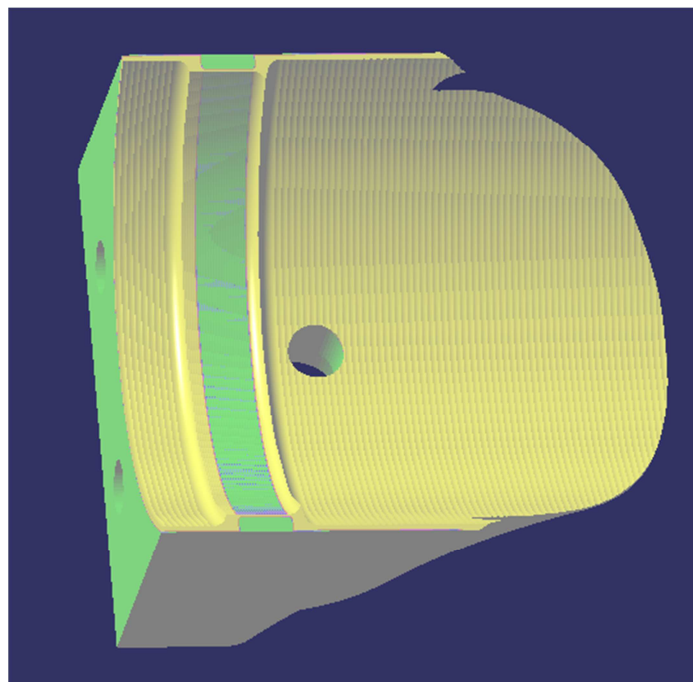
celkový čas: 00:25,101s



3-75 Dráhy nástroje u úseku č. 3



3-76 Tvar součásti po úseku č. 3



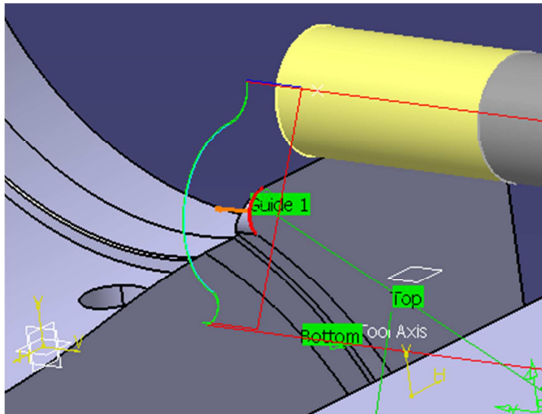
3-77 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 3

3.2.2.4 Operační úsek číslo 4 – rádiusy na bocích

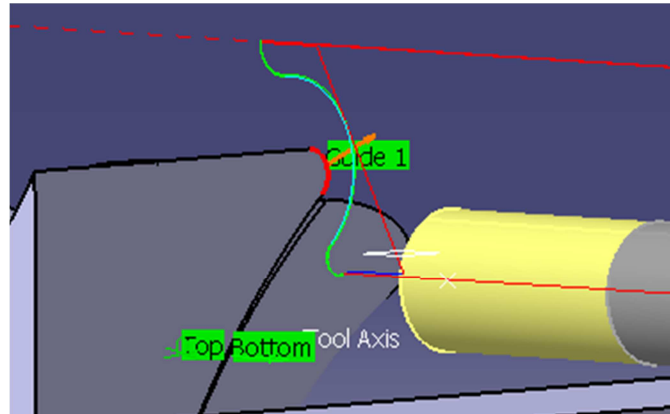
Ve čtvrtém úseku se čelní válcovou frézou o průměru 16mm označenou jako Fr D16 r0.2 L32 z4 - SEH 422825 zhotoví rádiusy na bocích součásti, které se dělají z důvodu bezpečnosti, aby na součásti nebyly špičaté rohy. Velikost zaoblení se liší dle zvolené varianty. K zhotovení rádiusů se použije funkce *Profile Contouring*.

čas řezu: $00:04,050 + 00:04,050 = 00:08,100s$

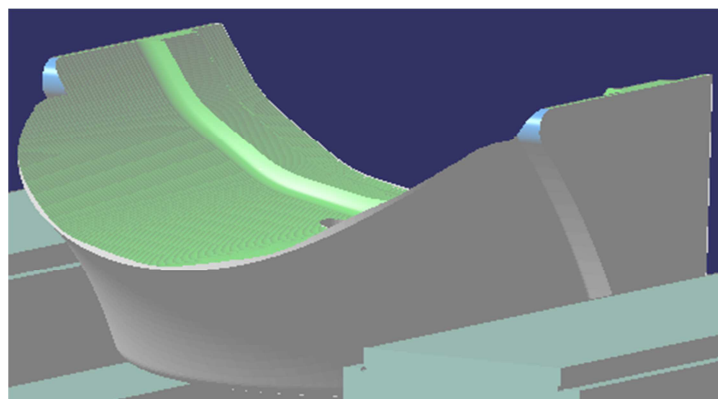
celkový čas: $00:06,778 + 00:06,778 = 00:13,556s$



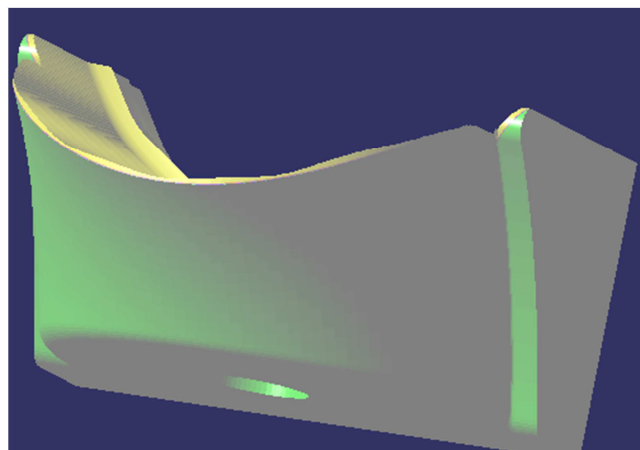
3-80 Dráhy nástroje u úseku č. 4



3-79 Dráhy nástroje u úseku č. 4



3-81 Tvar součásti po úseku č. 4



3-78 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 4

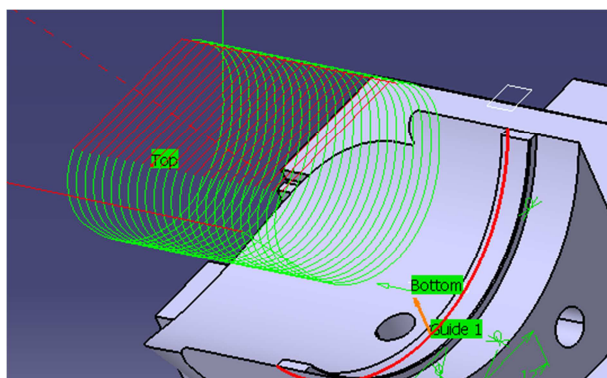
3.2.2.5 Operační úsek číslo 5 – dokončení rádiusu

Jako úplně poslední úsek je dokončení rádiusu. K dokončení rádiusu se použije funkce *Profile Contouring*. Jelikož rychloposuvová fréza nemá destičky do rohu, bylo třeba na dokončení použít jinou frézu, která má menší zaoblění rohů, aby se odebral i materiál v rozích u pera. Byla tedy použita šestizubá devadesátistupňová fréza s VBD s rádiusem zaoblění r0,8 a s označením FR D40 r0.8 z6 (Iscar) H490 F90AX-09.

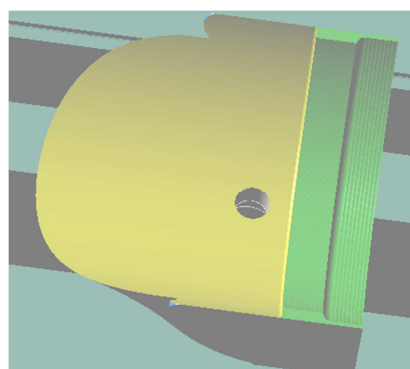
$$a_p = 2,5 \text{ mm}$$

$$\text{čas řezu: } 00:09,788 + 0:50,897 = 01:00,685\text{s}$$

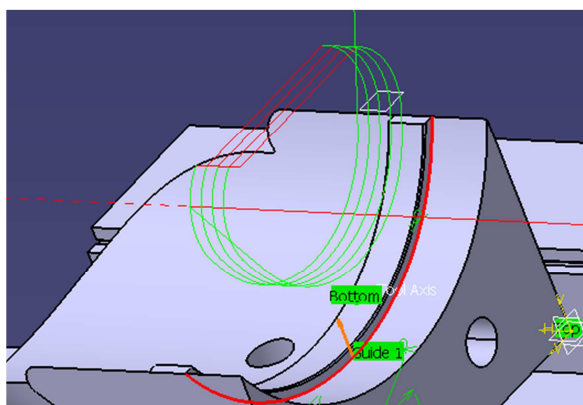
$$\text{celkový čas: } 00:18,474 + 01:34,714 = 01:53,188\text{s}$$



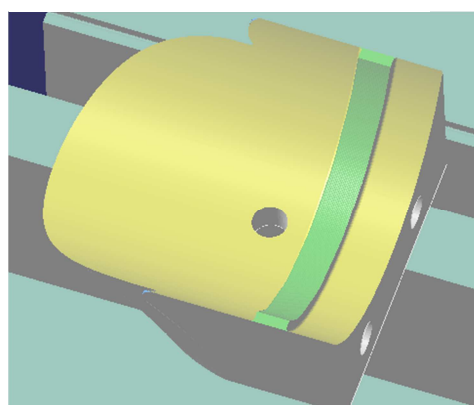
3-83 Dráhy nástroje u úseku č. 5



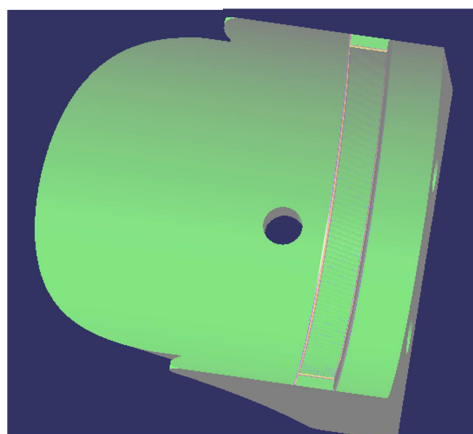
3-82 Tvar součásti po úseku č. 5



3-85 Dráhy nástroje u úseku č. 5



3-84 Tvar součásti po úseku č. 5



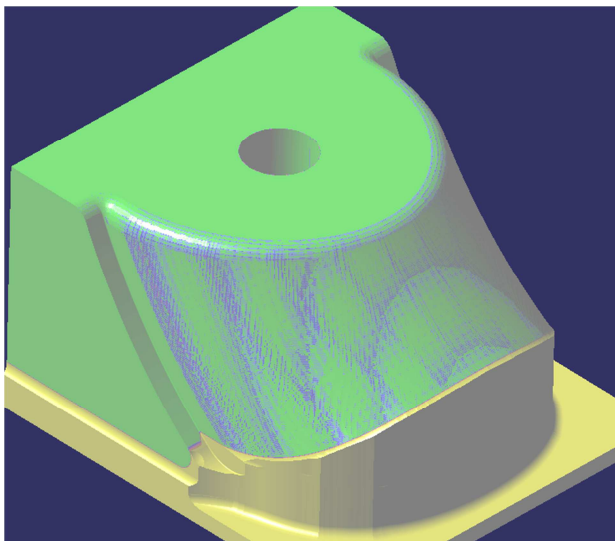
3-86 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 5

4 Technicko-ekonomické hodnocení navrženého řešení

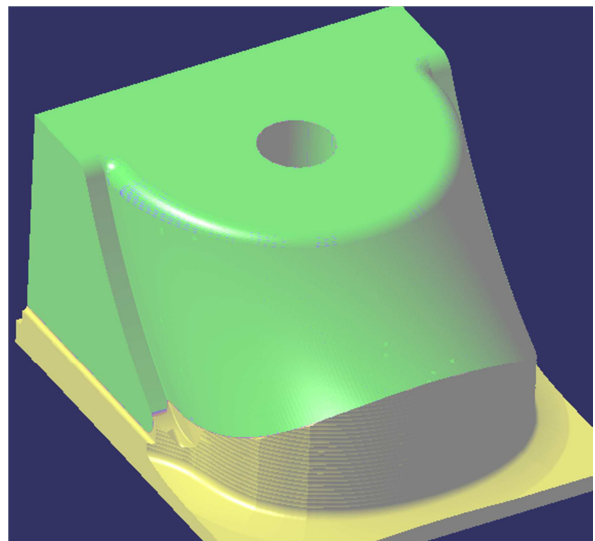
Na základě vytvořených technologických postupů a časů získaných ze simulace v SW Catia V5R20, bylo zpracováno technicko-ekonomické zhodnocení navržené technologie výroby.

4.1 Technické hodnocení

Jak vyplývá ze srovnání analýzy zbytkového materiálu původní a námi navržené technologie, podařilo se nám snížit množství zbytkového materiálu na rádiusové ploše a celá tato plocha je v toleranci $\pm 0,01\text{mm}$.

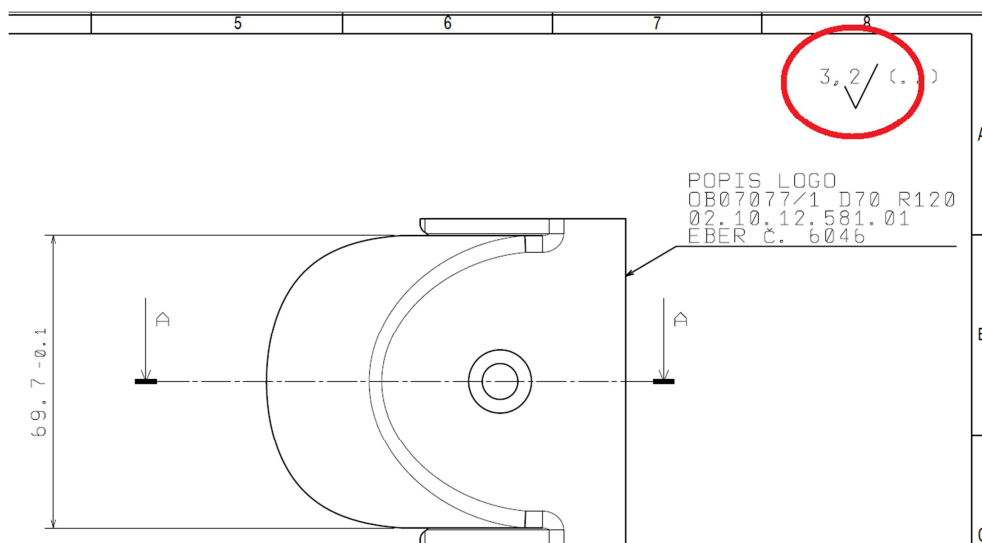


4-2 Analýza zbytkového materiálu u původní technologie



4-1 Analýza zbytkového materiálu u nové technologie

Vlivem použití rychloposuvových fréz došlo na plochách, které byly těmito frézami opracovány, ke zhoršení drsnosti, ale jak vyplývá z části výkresové dokumentace (viz obrázek 4-3), která nám byla poskytnuta, dostačující drsnost je Ra3.2, a té bylo dosaženo i pomocí těchto rychloposuvových fréz.



4-3 Část výkresové dokumentace s označenou požadovanou drsností

4.2 Ekonomické hodnocení

Použité vzorce:

Korekce jednotkového čas v operaci koeficientem podmíněné nutných přestávek:

$$t_A = t_{A1} + 0,05 * t_{A1} \text{ [min]}$$

t_{A1} ... čas jednotkové práce v operaci (čas strojní práce) [min]

t_A ...jednotkový čas v operaci [min]

Podmíněně nutné přestávky – zvoleno 5%

$$k_C = T / (T - t_C)$$

k_C ...koeficient směnového času

T ...délka směny [min]

t_C ...směnový čas [min]

$$t_{AC} = t_A * k_C \text{ [Nmin / ks]}$$

t_{AC} - norma jednotkového času s podílem času směnového [Nmin / ks]

$$t_{BC} = t_B * k_C \text{ [Nmin / ks]}$$

t_B ...dávkový čas v operaci [min]

t_{BC} - norma času dávkového s podílem času směnového [Nmin / dávka]

$$T_N = t_{AC} + (t_{BC}/d_V) \text{ [Nmin]}$$

T_N ... normovaný čas na operaci [Nmin]

d_V - velikost výrobní dávky [ks / dávka]

Náklady na operaci:

$$N_o = (T_N * SHS) + (T_N * TM) \text{ [Kč]}$$

SHS...strojní hodinová sazba [Kč]

TM...mzdový tarif [Kč]

4.2.1 Původní technologie

a) Časy – první strana

Původní technologie		
úsek	čas řezu	celkový čas
1	00:13,069	00:21,804
2	04:07,669	05:26,913
3	02:13,733	04:55,672
4	00:01,604	00:03,790
	00:05,745	00:10,088
	00:01,604	00:03,815
5	00:03,818	00:04,038
	00:06,598	00:06,854
6	00:02,807	00:03,043
7	00:18,222	00:18,478
8	00:17,037	00:22,444
	00:17,037	00:28,105
9	00:07,730	00:08,350
10	07:52,609	07:56,456
11	00:27,480	00:28,301
	00:27,891	00:28,717
	16:44,653	21:26,868

b) Časy – druhá strana

Původní technologie		
úsek	čas řezu	celkový čas
1	00:57,805	01:36,408
2	00:08,129	00:12,040
	00:08,129	00:12,040
3	01:47,115	03:57,543
	00:20,403	00:45,361
4	00:12,606	00:29,947
5	00:09,915	00:21,778
	00:53,530	01:56,982
	04:37,632	09:32,099

Celkový čas původní technologie získaný se SW Catia V5R20 je: 30:58,967s = **30,983min**

Výměna nástrojů:

V původní technologii při frézování z první strany dojde k sedmi výměnám nástroje a při frézování z druhé strany ke čtyřem výměnám nástroje. Celkem tedy dojde k jedenácti výměnám nástroje.

Čas výměny nástroje je dle výrobce 4,9s. V nové i původní technologii dochází k jedenácti výměnám nástroje. Celková doba výměn nástrojů je tedy:

$$11 * 4,9 = 53,9s = 0,898 \text{ min}$$

Celkový strojní čas t_A u původní technologie je: 30,983min + 0,898 = **31,881min**

Přípravný čas pro frézování: $t_B = 40$ min

Strojní čas: $t_A = 31,881$ min

Délka sněny: $8h = 480$ min

Čas směnový: $t_C = 65$ min

Výpočet:

Jednotkový čas v operaci:

$$t_A = t_{A1} + 0,05 * t_{A1} = 31,881 + 0,05 * 31,881 = 33,475 \text{ min}$$

Koeficient směnového času:

$$k_C = T / (T - t_C) = 480 / (480 - 65) = 1,157$$

Norma jednotkového času s podílem času směnového:

$$t_{AC} = t_A * k_C = 33,475 * 1,157 = 38,731 \text{ Nmin / ks}$$

Norma času dávkového s podílem času směnového:

$$t_{BC} = t_B * k_C = 40 * 1,157 = 46,28 \text{ Nmin / ks}$$

Normovaný čas na operaci:

dávka: $d_V = 6$ ks

$$T_{NP} = t_{AC} + (t_{BC}/d_V) = 38,731 + (46,28 / 6) = 46,444 \text{ Nmin}$$

Náklady na operaci:

Hodinová sazba DMU 65 monoBLOCK: SHS = 1600,- Kč/hod

Mzdová sazba dělníka: TM = 180,- Kč/hod

$$N_{OP} = (T_{NP} * SHS) + (T_{NP} * TM) = [(46,444/60) * 1600] + [(46,444/60) * 180] = 1377,84,- \text{ Kč}$$

4.2.2 Nová technologie

a) Časy – první strana

Původní technologie		
úsek	čas řezu	celkový čas
1	00:06,894	00:10,396
2	01:09,768	01:40,547
2	00:38,593	02:32,894
4	00:01,504	00:03,833
	00:05,386	00:10,024
	00:01,504	00:03,858
5	00:02,447	00:02,667
	00:04,586	00:04,842
6	00:02,807	00:03,043
7	00:08,178	00:08,416
8	00:10,240	00:14,151
	00:10,240	00:15,331
9	00:07,730	00:08,350
10	00:15,137	00:20,694
	00:35,298	00:50,640
11	00:16,108	00:16,551
	00:16,745	00:17,400
	04:13,165	07:23,637

b) Časy – druhá strana

Původní technologie		
úsek	čas řezu	celkový čas
1	00:31,021	00:46,849
2	00:19,281	00:38,412
	00:03,673	00:08,163
3	00:11,001	00:25,101
4	00:04,050	00:06,778
	00:04,050	00:06,778
5	00:09,788	00:18,474
	00:50,897	01:34,714
	02:13,761	04:05,269

Celkový čas nové technologie získaný se SW Catia V5R20 je: 11:28,906s = **11,482min**

Výměna nástrojů:

V nové technologii při frézování z první strany dojde k osmi výměnám nástroje a při frézování z druhé strany ke třem výměnám nástroje. Celkem tedy dojde také k jedenácti výměnám nástroje.

Čas výměny nástroje je dle výrobce 4,9s. V nové technologii dochází k jedenácti výměnám nástroje. Celková doba výměn nástrojů je tedy:

$$11 * 4,9 = 53,9s = 0,898 \text{ min}$$

Celkový strojní čas t_A nové technologie $11,482\text{min} + 0,898 = \mathbf{12,380\text{min}}$

Přípravný čas pro frézování: $t_B = 40$ min

Strojní čas: $t_A = 12,380$ min

Délka směny: $8h = 480$ min

Čas směnový: $t_C = 65$ min

Výpočet:

Jednotkový čas v operaci:

$$t_A = t_{A1} + 0,05 * t_{A1} = 12,380 + 0,05 * 12,380 = 12,999 \text{ min}$$

Koeficient směnového času:

$$k_C = T / (T - t_C) = 480 / (480 - 65) = 1,157$$

Norma jednotkového času s podílem času směnového:

$$t_{AC} = t_A * k_C = 12,999 * 1,157 = 15,040 \text{ Nmin / ks}$$

Norma času dávkového s podílem času směnového:

$$t_{BC} = t_B * k_C = 40 * 1,157 = 46,28 \text{ Nmin / ks}$$

Normovaný čas na operaci:

Dávka: $d_V = 6$ ks

$$T_{NN} = t_{AC} + (t_{BC}/d_V) = 15,040 + (46,28 / 6) = 22,753 \text{ Nmin}$$

Náklady na operaci:

Hodinová sazba DMU 65 monoBLOCK: SHS = 1600,- Kč/hod

Mzdová sazba dělníka: TM = 180,- Kč/hod

$$N_{ON} = (T_{NN} * SHS) + (T_{NN} * TM) = [(22,753/60) * 1600] + [(22,753/60) * 180] = 675,00,- \text{ Kč}$$

4.3 Vyhodnocení

Úspora na každém kusu [min]

$$Ú_1 = T_{NP} - T_{NN} = 46,444 - 22,753 = 23,691 \text{ Nmin}$$

Úspora na každém kusu [Kč]

$$Ú_2 = N_{OP} - N_{ON} = 1377,84 - 675,00 = 702,84 \text{ Kč}$$

Navržením nové technologie došlo k výrazné finanční úspoře, která dosáhla 702,84 Kč na každém kusu (z 1377.84,- Kč na 675,- Kč). Celkový čas potřebný k výrobě klesl o 23,691 min (ze 46,444 min na 22,753 min).

5 Závěr

V první části diplomové práce je popsána vyráběná součást, její funkce a její stávající technologie výroby.

V druhé části diplomové práce se zabýváme parametry vyráběného dílu a parametrickým programováním v SW Catia V5 R20. Byl popsán původ parametrických rozměrů vyráběného dílu, postup vytváření parametrického modelu a vytváření parametrické technologie výroby.

Ve třetí části diplomové práce byla pomocí SW Catia V5 R20 navržena nová technologie výroby.

Ve čtvrté části diplomové práce bylo provedeno technicko-ekonomické zhodnocení původní a námi navržené technologie výroby. Hlavním hodnotícím kritériem byl čas. Z hodnocení vyplývá, že se nám podařilo zkrátit čas výroby o více než 50%.

Cílem naší práce bylo zanalyzovat současný stav dle poskytnutých podkladů, vytvořit parametrický model pro zadané varianty a poté vytvořit novou parametrickou technologii výroby, pomocí které by bylo možné vyrobit všechny varianty. Všechny cíle diplomové práce byly úspěšně splněny.

Přínosem této práce bylo zkrácení výrobního času jednoho kusu ze 46 min a 27s na 22 minut 45s a také vytvoření parametrické technologie výroby v SW Catia V5 R20, čímž jsme zkrátily tvorbu nové výrobní technologie tohoto typového představitele na minimum.

Literatura

- [1] <http://mujweb.cz/kovosmejkal/ohybani_nastroje.htm>
- [2] <http://www.kto.zcu.cz/o-katedre/Vybaveni_katedry/strojni_vybaveni_KTO.html>
- [3] <<http://www.kovoobrabeci-nastroje.cz/katalog/upinani-9/upinani-nastroju-1925/upinace-30/DIN-69-871-1110/standardni-upinace-1196/klestinove-upinace-1199/>>
- [4] <<http://www.osgtool.com/Product-Literature/Catalogs>>
- [5] <http://www.teamtec.cz/index.php?route=product/category&path=505_76_211_214_261_270_273>
- [6] <<http://en.dmgmori.com/products/milling-machines/universal-milling-machines-for-5-sided-5-axis-machining/dmu-monoblock>>
- [7] <<http://ancorapraha.cz/wp-content/uploads/Technick%C3%A9-listy-hlin%C3%ADkov%C3%A9-bronzy-A-200.pdf>>
- [8] <<http://schunk.partcommunity.com/portal/portal/schunk>>
- [9] <<http://www.gesprofi.cz/p1270-podlozky-paralelni-ocelove/>>
- [10] <<http://toolguide.sandvik.coromant.com/touchTime#/taskSetup/task>>
- [11] <<http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/pages/toolselector.aspx>>
- [12] <http://www.verko.cz/din-69871-sk40-16916/>
- [13] <http://www.iscar.com/eCatalog/Applications.aspx?mapp=ML>
- [14] http://www.unicut.cz/cms/produkty/stopkove-frezy-sk/rychloposuvova-freza-speed_5z-f8510
- [15] Pracujeme s parametry I. CATIA fórum [online]. Dostupné z: http://www.catiaforum.cz/articles/?article_id=32
- [16] Pracujeme s parametry II. CATIA fórum [online]. Dostupné z: http://www.catiaforum.cz/articles/?article_id=33
- [17] Pracujeme s Design table. CATIA fórum [online]. http://www.catiaforum.cz/articles/?article_id=39

Seznam obrázků

1-1 Vyhlazovač i s výměnnou vložkou	11
1-2 Výměnná vložka	11
1-3 Vyhlazovač	11
1-4 Nářadí pro ohýbání uzavřených profilů	12
1-5 Nastavení vyhlazovače.....	12
1-6 Řez výměnnou vložkou.....	13
1-7 Tvar první pomocné plochy	13
1-8 Tvar druhé pomocné plochy	14
1-9 Parametr „R“ + 1mm	14
1-10 Šířka rádiusu	14
1-11 Obecný výkres výměnné vložky	15
1-12 Fréza D50 r2 z7 OSG.....	17
1-13 Upínací trn	17
1-14 použité VBD	17
1-15 Fr D50 r2 z7 OSG včetně trnu	17
1-16 Vrták D8.5 L58 - 5D	18
1-17 Kleština ER25	18
1-18 Klestinový upínač	18
1-19 Vrták D8.5 včetně kleštinového upínače	18
1-20 Upínač Tribos-S	19
1-21 Srážec D12x90 (Iscar) - ECF D-5/45-4C12.....	19
1-22 Sražec včetně upínače	19
1-23 Kroucený závitník M10x1.5	20
1-24 Kleština	20
1-25 Klestinový upínač	20
1-26 Závitník včetně upínače	20
1-27 Fréza kulová D8.....	21
1-28 Kleština	21
1-29 Klestinový upínač	21
1-30 Kulová fréza D8 včetně upínače	21
1-31 Kulová fréza D2.....	22
1-32 Kleštěna.....	22
1-33 Kleštinový upínač	22
1-34 Kulová fréza D2 včetně upínače	22
1-35 Hydraulický upínač.....	23
1-36 Čelní válcová fréza D12.....	23
1-37 Čelní válcová fréza D12 včetně upínače.....	23
1-38 Fréza Avantec D50	24
1-39 Upínací trn	24
1-40 Fréza Avantec D50 včetně upínacího trnu	24
1-41 Čelní válcová fréza D16.....	25
1-42 Upínač WELDON.....	25

1-43 Čelní válcová fréza D16 včetně upínače.....	25
1-44 Svěrák Hilma SCS 120	26
1-45 Paralelní podložky	26
1-46 Upínka pro upínání svěráku	26
1-47 Dráhy nástroje u úseku č. 1	28
1-48 Tvar polotovaru po úseku č. 1.....	28
1-49 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č.1.....	28
1-50 Dráhy nástroje u úseku č. 2.....	29
1-51 Tvar součásti po úseku č. 2.....	29
1-52 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 2.....	29
1-53 Barevné rozlišení u analýzy zbytkového materiálu	29
1-54 Dráhy nástroje u úseku č. 3.....	30
1-55 Tvar součásti po úseku č. 3.....	30
1-56 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 3.....	30
1-57 Dráhy nástroje u úseku č. 4.....	31
1-58 Dráhy nástroje u úseku č. 4.....	31
1-59 Tvar součásti po úseku č. 4.....	31
1-60 Dráhy nástroje u úseku č. 4.....	31
1-61 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 4.....	31
1-62 Dráhy nástroje u úseku č. 5.....	32
1-63 Dráhy nástroje u úseku č. 5.....	32
1-64 Tvar součásti po úseku č. 5.....	32
1-65 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 5.....	32
1-66 Tvar součásti po úseku č. 6.....	33
1-67 Dráhy nástroje u úseku č. 6.....	33
1-68 Dráhy nástroje u úseku č. 7.....	33
1-69 Tvar součásti po úseku č. 7.....	33
1-70 Dráhy nástroje u úseku č. 8.....	34
1-71 Dráhy nástroje u úseku č. 8.....	34
1-72 Tvar součásti po úseku č. 8.....	34
1-73 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 8.....	34
1-74 Dráhy nástroje u úseku č. 9.....	35
1-75 Tvar součásti po úseku č. 9.....	35
1-76 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 9.....	35
1-77 Dráhy nástroje u úseku č. 10.....	36
1-78 Tvar součásti po úseku č. 10.....	36
1-79 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 10.....	36
1-80 Dráhy nástroje u úseku č. 11.....	37
1-81 Dráhy nástroje u úseku č. 11.....	37
1-82 Tvar součásti po úseku č. 2.....	37
1-83 Tvar součásti po úseku č. 11.....	37
1-84 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 11.....	37
1-85 Dráhy nástroje u úseku č. 1.....	38
1-86 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 1.....	38

1-87 Tvar součásti po úseku č. 1	38
1-88 Dráhy nástroje u úseku č. 2	39
1-89 Dráhy nástroje u úseku č. 2	39
1-90 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 2	39
1-91 Tvar součásti po úseku č. 2	39
1-92 Dráhy nástroje u úseku č. 3	40
1-93 Tvar součásti po úseku č. 3	40
1-94 Tvar součásti po úseku č. 3	40
1-95 Dráhy nástroje u úseku č. 3	40
1-96 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 3	40
1-97 Dráhy nástroje u úseku č. 4	41
1-98 Tvar součásti po úseku č. 4	41
1-99 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 4	41
1-100 Dráhy nástroje u úseku č. 5	42
1-101 Tvar součásti po úseku č. 5	42
1-102 Tvar součásti po úseku č. 5	42
1-103 Dráhy nástroje u úseku č. 5	42
1-104 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 5	42
2-1 Typy parametrů	43
2-2 Parametry v hierarchickém stromu	44
2-3 Nastavení zobrazení parametrů a vzorců	45
2-4 Panel Knowledge s označenou ikonou Formula	45
2-5 Dialogové okno editoru parametrů	46
2-6 Dialogové okno Formula Editor	47
2-7 Panel Knowledge s označenou ikonou Design table	49
2-8 Dialogové okno Creation of a Design Table	49
2-9 Dialogového okna pro editaci Design table – záložka Associations	50
2-10 Dialogového okna pro editaci Design table – záložka Configurations	50
2-11 Dialogové okno se stavajícími parametry	51
2-12 Tabulka parametrů v hierarchickém stromu	52
2-13 Zakótování parametru „D“	53
2-14 Zakótování parametrů „výška“ a „šířka“	53
2-15 Zakótování parametrů „R“, „délka“ a „zaoblení rohů“	54
2-16 Zakótování parametru „R“	54
2-17 Zakótování parametru „poloměr“	55
2-18 Typ vzniku rádiusové plochy (b)	56
2-19 Typ vzniku rádiusové plochy (a)	56
2-20 Typ vzniku rádiusové plochy (c)	56
2-21 Aktivované/deaktivované funkce Profile Contouring pro předhrubování rádiusu	57
3-1 Rychloposuvová fréza s VBD	58
3-2 Monolitní rychloposuvová fréza	58
3-3 Upínací trn	59
3-4 Rychloposuvová fréza D50	59
3-5 použité VBD	59

3-6 Rychloposuvová fréza D50 včetně trnu	59
3-7 Fréza D63 r0.8 z9 Iscar	60
3-8 Upínací trn	60
3-9 použité VBD	60
3-10 Fréza D63 r0.8 včetně upínacího trnu	60
3-11 Kleština	61
3-12 Vrták CoroDrill 860	61
3-13 Kleštinový upínač	61
3-14 Vrták včetně upínače	61
3-15 Závitová fréza	62
3-16 Kleštinový upínač	62
3-17 Kleština	62
3-18 Závitová fréza včetně upínače	62
3-19 Upínač Tribos-S	63
3-20 Rychloposuvová fréza D6	63
3-21 Rychloposuvová D6 včetně upínače	63
3-22 Fréza D40 r0.8 z6 (Iscar)	64
3-23 Upínací trn	64
3-24 použité VBD	64
3-25 Fréza D40 včetně upínacího trnu	64
3-26 Tvar součásti po úseku č. 1	66
3-27 Dráhy nástroje u úseku č. 1	66
3-28 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 1	66
3-29 Tvar součásti po úseku č. 2	67
3-30 Dráhy nástroje u úseku č. 2	67
3-31 Barevné rozlišení u analýzy zbytkového materiálu	67
3-32 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 2	67
3-33 Dráhy nástroje u úseku č. 3	68
3-34 Tvar součásti po úseku č. 3	68
3-35 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 3	68
3-36 Dráhy nástroje u úseku č. 4	69
3-37 Dráhy nástroje u úseku č. 4	69
3-38 Dráhy nástroje u úseku č. 4	69
3-39 Tvar součásti po úseku č. 4	69
3-40 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 4	69
3-41 Dráhy nástroje u úseku č. 5	70
3-42 Dráhy nástroje u úseku č. 5	70
3-43 Tvar součásti po úseku č. 5	70
3-44 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 5	70
3-45 Dráhy nástroje u úseku č. 6	71
3-46 Tvar součásti po úseku č. 6	71
3-47 Dráhy nástroje u úseku č. 7	71
3-48 Tvar součásti po úseku č. 7	71
3-49 Dráhy nástroje u úseku č. 8	72

3-50 Dráhy nástroje u úseku č. 8.....	72
3-51 Tvar součásti po úseku č. 8.....	72
3-52 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 6.....	72
3-53 Dráhy nástroje u úseku č. 9.....	73
3-54 Tvar součásti po úseku č. 9.....	73
3-55 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 9.....	73
3-56 Dráhy nástroje u úseku č. 10.....	74
3-57 Dráhy nástroje u úseku č. 10.....	74
3-58 Tvar součásti po úseku č. 10.....	74
3-59 Tvar součásti po úseku č. 10.....	74
3-60 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 10.....	74
3-61 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 10.....	74
3-62 Dráhy nástroje u úseku č. 11.....	75
3-63 Dráhy nástroje u úseku č. 11.....	75
3-64 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 11.....	75
3-65 Tvar součásti po úseku č. 11.....	75
3-66 Tvar součásti po úseku č. 11.....	75
3-67 Dráhy nástroje u úseku č. 1.....	76
3-68 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 1.....	76
3-69 Tvar součásti po úseku č. 1.....	76
3-70 Dráhy nástroje u úseku č. 2.....	77
3-71 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 2.....	77
3-72 Tvar součásti po úseku č. 2.....	77
3-73 Tvar součásti po úseku č. 2.....	77
3-74 Dráhy nástroje u úseku č. 2.....	77
3-75 Dráhy nástroje u úseku č. 3.....	78
3-76 Tvar součásti po úseku č. 3.....	78
3-77 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 3.....	78
3-78 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 4.....	79
3-79 Dráhy nástroje u úseku č. 4.....	79
3-80 Dráhy nástroje u úseku č. 4.....	79
3-81 Tvar součásti po úseku č. 4.....	79
3-82 Tvar součásti po úseku č. 5.....	80
3-83 Dráhy nástroje u úseku č. 5.....	80
3-84 Tvar součásti po úseku č. 5.....	80
3-85 Dráhy nástroje u úseku č. 5.....	80
3-86 Analýza zbytkového materiálu po dokončení úseku č. 5.....	80
4-1 Analýza zbytkového materiálu u nové technologie.....	81
4-2 Analýza zbytkového materiálu u původí technologie.....	81
4-3 Část výkresové dokumentace s označenou požadovanou drsností.....	81

PŘÍLOHA č. 1

Technický list materiálu Albromet 200

TECHNICKÉ LISTY MATERIÁLŮ



ALBROMET 200

Vlastnosti materiálu: Houževnatý materiál s vysokou pevností a dobrou odolností vůči opotřebení, velmi dobrými kluznými vlastnostmi, odolný vůči korozi.

Příklady použití: Ložisková pouzdra, vedení, ozubená kola a šneková kola, vřetenové matice, sedla ventilů, klouzátko ve válcovacích strojích, šrouby a matice pro použití v korozivním prostředí. Ideální opotřebitelný partner pro četné druhy ocelí. Použitelný zejména v obecném strojírenství, na válcovací stroje a při výrobě plastových forem.

Pokyny pro zpracování: ALBROMET 200 se dobře zpracovává, pro rozsáhlejší řezání doporučujeme nářadí z tvrdokovu; dobře se svařuje.

<u>Orientační rozbor:</u>	Al	11,0 %
	Fe	4,0 %
	Ostatní	0,5 % max.
	Cu	zbytek

Normy / specifikace: CuAl10Fe
EN 1982
DIN 1714
ASTM B505 C95400

Dodávka:

- kované prvky
- odlévané prvky
- polotovary
- hotové výrobky podle výkresů

Mechanické a fyzikální vlastnosti:

	kované:	odlévané:	polotovary:	
tvrdost podle Brinella (HB 30)	200	180	190	
pevnost v tahu R_m	700	600	>586	N/mm ²
mez průtažnosti $R_p 0,2$	350	260	>221	N/mm ²
mezni protažení A5	>8	>8	>12	%
hustota	7,5 g/cm ³			
pevnost v tlaku	950 Mpa			
modul elasticity E	117,7 KN/mm ²			
koeficient střední lineární teplotní roztažnosti	16,0 10 ⁻⁶ /K			
tepelná vodivost při 20 °C	60 W			

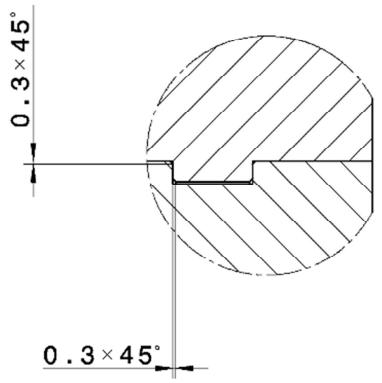
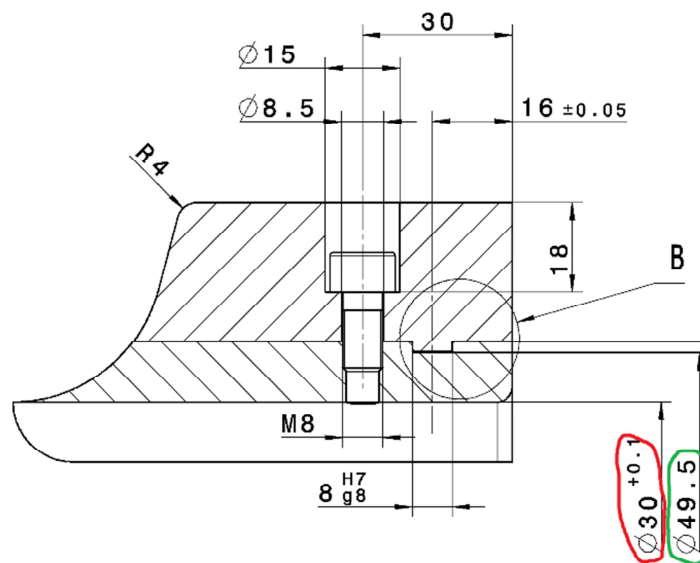
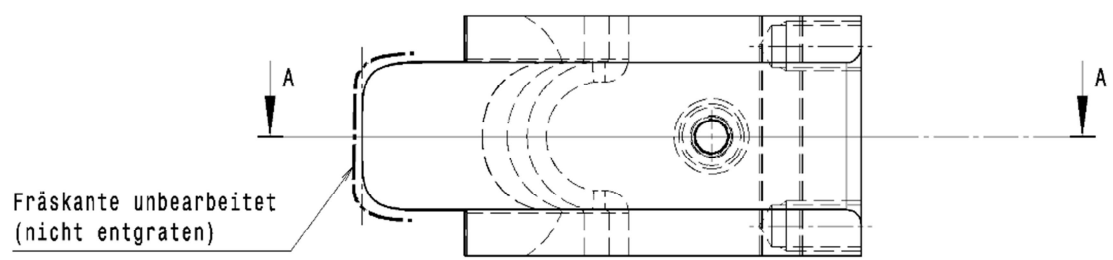
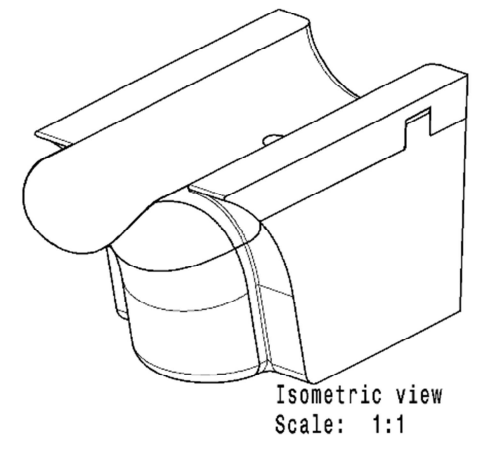
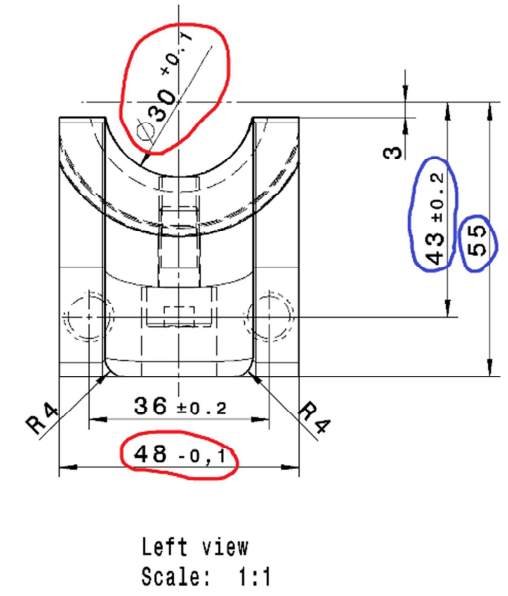
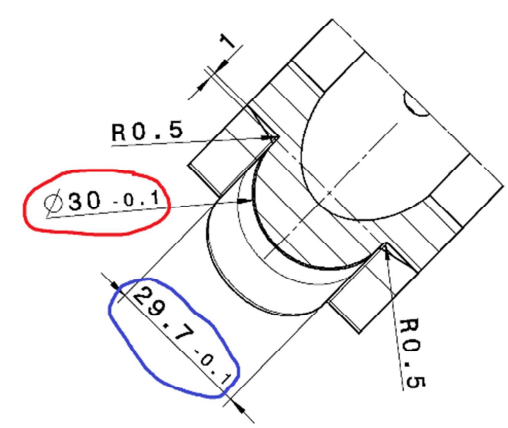
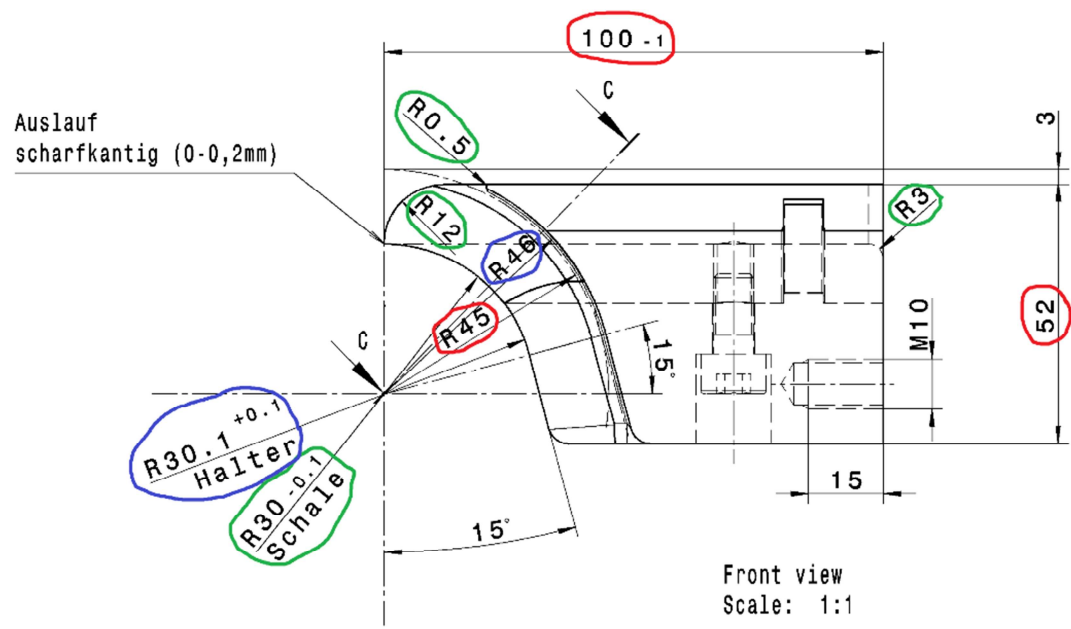
	m . K			
elektrická vodivost	7,54 m			

	Ohm . mm ²			
odolnost vůči teplotě	300 °C max. do výrazné změny pevnosti			
permeabilita	1,18 H = 100 Oe			

Uvedené údaje vycházejí z informací našich dodavatelů. Změny vyhrazeny.

Hodnoty mechanické pevnosti jsou typickými orientačními hodnotami, závislými na rozměrech a způsobu výroby.

Schutzvermerk DIN ISO 15016 beachten
Follow protection notice pursuant to DIN ISO 15016



- Ø30 +0.1
- Ø49.5
- Ø50
- Ø54 +0.2 Halter
- Ø54 -0.1 Schale

A	00	16.03.2011	Koenig						
Zust./Rev.	Änd.-Nr.	Datum	Bearb.	Gepr.	Kunden-Änd.-Nr. / Bemerkungen				Feld
Stab/Nextl.	Modific.-No.	Date	Drawn	Chkd.	Customer-Modification-No., Comments				Section
Werkstoff, Material, Matériau								Gewicht, Weight	
AB 4 S-V ww.Albromet 200								Poids	
Benennung, Drawing Title, Designation								Allgem. Toleranz	
Gleitschuh D30 R45								Gener. Tolerance	
		Datum	Name		Zeich.-Nr., Drawing No., N° de plan				
	Bearb.	16.03.2011	Koenig		02.12.62.104.01				
	Gepr.				Kunden-Nr., Customer-No., N° de client				
Eberspächer		Projektbez. /		1121514050070A					
CAD-Status: in Arbeit / 16.03.11									
								Blatt 1 / 1	
								Format A2	